



**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501**

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN  
FAKULTAS OLAHRAGA DAN KESEHATAN UNIVERSITAS  
PENDIDIKAN GANESHA (FOK UNDIKSHA) DENGAN  
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM) DAN METODE PELAKSANAAN BALOK KOLOM**

**Mahasiswa :**

**DIAH PUTRI RAHMAWATI**

**NRP.10111500000055**

**FARCHAN ZULKIFLI**

**NRP. 10111500000096**

**Dosen Pembimbing :**

**NUR AHMAD HUSIN, ST.,MT**

**NIP. 19720115 199802 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III**

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**

**FAKULTAS VOKASI**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA 2018**



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN  
FAKULTAS OLAHRAGA DAN KESEHATAN UNIVERSITAS  
PENDIDIKAN GANESHA (FOK UNDIKSHA) DENGAN  
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM) DAN METODE PELAKSANAAN BALOK KOLOM**

Mahasiswa :

DIAH PUTRI RAHMAWATI

NRP.10111500000055

FARCHAN ZULKIFLI

NRP. 10111500000096

Dosen Pembimbing :

NUR AHMAD HUSIN, ST.,MT

NIP. 19720115 199802 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2018



FINAL PROJECT APPLIED - RC 145501

**DESIGN STRUCTURE OF LECTURE BUILDING FAKULTAS  
OLAHRAGA DAN KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN  
GANESHA (FOK UNDIKSHA) USING INTERMEDIATE  
MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM AND THE  
IMPLEMENTATION OF BEAM AND COLUMN METHOD**

Student :

DIAH PUTRI RAHMAWATI

NRP.10111500000055

FARCHAN ZULKIFLI

NRP. 10111500000096

Consellor Lecture :

NUR AHMAD HUSIN, ST.,MT

NIP. 19720115 199802 1 001

DIPLOMA III PROGRAM

CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTEMENT

VOCATIONAL FACULTY

SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY

SURABAYA 2018

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG**  
**PERKULIAHAN FOK UNDIKSHA DENGAN METODE**  
**SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH**  
**(SRPMM) DAN METODE PELAKSANAAN BALOK**  
**KOLOM**

**TUGAS AKHIR TERAPAN**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya Pada  
Program Studi Diploma III Teknik Sipil  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Oleh :

**Mahasiswa I**



**Diah Putri Rahmawati**

**10111500000055**

**Mahasiswa II**



**Farchan Zulkifli**

**10111500000096**



**24 JUL 2018**

**SURABAYA, 2018**





**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :  
 041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 5 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Perencanaan Struktur Gedung Fakultas Olahraga dan Kesehatan (FOK) Universitas Pendidikan Ganesha dengan metode SRPMM dan metode pelaksanaan balok kolom.		
Nama Mahasiswa	Diah Putri Rahmawati	NRP	10111500000055
Nama Mahasiswa	Farchan Zulkifly	NRP	10111500000096
Dosen Pembimbing 1	Nur Achmad Husin, ST. MT NIP 197201151998021001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"> <li>- cek deformasi horizontal ✓</li> <li>- Tumpuan balok tangga ✓</li> <li>- cek tulangan geser di Balok Induk yang ada / diberikan balok anak ✓</li> </ul>	 Ridho Bayu Aji, ST. MT. PhD. NIP 197307101998021002
	 Nur Achmad Husin, ST. MT NIP 197201151998021001
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penulangan Tangga.</li> <li>- cek tulangan ple cap.</li> <li>- Kontrol Pondasi Pa (tiang pemegang).</li> <li>- Tember Tangga.</li> </ul>	 Ir. Munarus Suluch, MS NIP 195504081982031003
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ridho Bayu Aji, ST. MT. PhD. NIP 197307101998021002	Nur Achmad Husin, ST. MT NIP 197201151998021001	Ir. Munarus Suluch, MS NIP 195504081982031003	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2





## ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

: 1 Diah Putri R.

2 Farchan Zulkipli

NRP

: 1 10111500000055


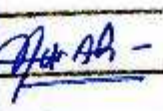
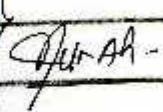
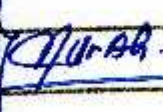
2 10111500000096

Judul Tugas Akhir

: Perencanaan Struktur Gedung Fakultas Olahraga Kesehatan Universitas Pendidikan Ganesha dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Metode Pelaksanaan Balok Kolom.

Dosen Pembimbing

: Nur Ahmad Husin ST., MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	23 Februari 2018	- Pembebanan				
		- Pembebanan gempa dihitung dg statik ekuivalen dg mempertimbangkan eksentrisitas.		B	C	K
		- cek ketidakberaturan bangunan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	3 April 2018	- Perhitungan plat apabila $\frac{1}{3}P$ lebih kecil dari $P_{min}$ dipakai yang $\frac{1}{3}P_{min}$				
		- Perhitungan beban angin dari arah barat timur		B	C	K
		- baca SNI hal 64 y/ beban angin.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Cek $T_c$ & modal.				
		- Beban hidup plat sesuai fungsi ruang				
3	19 April 2018	- Dibedakan antara gempa x dan gempa y di SAP		B	C	K
		- Kombinasi ditambahi ada + ada -		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Koreksi berat struktur (self weight)				
		- Arah gaya beban gempa (+/-)		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	17 Mei 2018	- Penulangan balok ditinjau satu frame tapi dicek setiap kombinasi				
		- Perhitungan lentur tidak dikurangi $\frac{1}{2}$ kolom, geser saja.		B	C	K
		- Perhitungan torsi $\frac{1}{3}$ tarik.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Beban tangga di kombinasi sendiri				

Legenda

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal





## ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama  
NRP  
Judul Tugas Akhir

: 1 Diah Putri R.

: 1 3115030055

: Perencanaan Struktur Gedung Fakultas Olahraga dan Kesehatan (FOK) Universitas Pendidikan Ganesha (Undiksha) dengan metode sistem rangka pemikul momen menengah (SRPM) dan metode pelaksanaan balok kolom.

2 Farchan Zulkifly

2 3115030036

Dosen Pembimbing

: Nur Ahmad Husin, ST., MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
5.	31/5/2018	- Perletakan elevasi poer disesuaikan data tanah	<u>Nur Ahmad Husin</u>			
		- nilai $b_0 > 1,5D$		B	C	K
		- Ao pd kolom didapat pd SAP		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Beban tangga digurukan yang paling dominan.				
6.	5/6/2018	- Dilengkapi denah, gambar portal, detail	<u>Nur Ahmad Husin</u>	B	C	K
		- Satuan gambar beton dalam cm.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Cek kombinasi balok lagi				
		- layangan pake kombinasi D+L pd balok				
		- perkecil diameter (22 mm / 19 mm)		B	C	K
		- cek pccol		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- kolom diperkecil ss/ss				
7.	7/6/2018	- Gambar (Daftar gambar); nama gambar (detail → denah); ja pd gambar ditulis jarak bukan jumlah.		B	C	K
		- Rumus ditulis jangan langsung angka		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Minta data tanah; j				
		- Pondasi (tanah, beton, besarnya (?)).		B	C	K
		- Jangan lupa satuan; plat =		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Pasal 8 laporan di cek lagi.				

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Tertinggal dari jadwal





## ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

**Nama**  
**NRP**  
**Judul Tugas Akhir**

1 Diah Putri R.  
 2 Farhan Zulkifly  
 1 3115030055  
 2 3115030096  
 : Perencanaan Struktur Gedung Fakultas Olahraga dan Kesehatan (FOK)  
 Universitas Pendidikan Ganesha (UNDIKSHA)

**Dosen Pembimbing** :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
		Panjang penyaluran kolom w/ pondasi ?		
		Denah sloof & pondasi jadi satu.		
		Sloof tumpuan tulangan = lapangan.		B C K
		Gambar detail panjang penyaluran kolom		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Ditambahkan balok atap (penulangan).	<i>[Signature]</i>	
		Balok selimut = 40 mm		
		Gambar tulangan pelat atap (✓)		B C K
		Berat spesi (lihat SNI)		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Panjang penyaluran → Gambar		
		Hubungan balok kolom		
		Detailing sloof & pilecap.		B C K
		Detailing balok kantilever.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8	26 Juni 2018	Perhitungan pondasi tiap joint (kebutuhan pilecap) jangan dikanal semua.		
		Cek pergerakan gedung (pergerakan ke kanan & ke kiri); pake ijin bukan ultimate	<i>[Signature]</i>	B C K
		Kombinasi w/ pondasi 1D+1L+1...+1, perlu cek beton gempa; cek gaya cabut di pondasi (tahu lekatan); informasi gambar; tulangan gusah ditulis di pondasi.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Pile panjang penyaluran; rujuk gambar tori tori tarik.		B C K
		tori jika > 30 dikasih wajib penamaan "denah tangga"		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>






## ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Diah Putri R. 2 Farhan Zulkifly  
 NRP : 1 3115030055 2 3115030066  
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
9.	2/09/2018	- Tidak perlu gambar dimensi kolom pd gambar bestat				
		- informasi gambar harus jelas		B	C	K
		- berat perkg besi ? dimasukkan tabel.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- kebutuhan 1 kolom berapa kg/m <sup>3</sup> ?				
		- panjang penyuluran kolom. min 40d				
		- Gambar Arsitektur & cantumkan.		B	C	K
		- Cek dua kondisi apabila ada gempa / tidak.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- ardi momen pada pondas A				
		- Karena gedung tidak perlu ambil momen tiang pancang yang besar.		B	C	K
		- Gempa IEx to, 3 ty		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Batu Kali pondasi (?) mana & gambar		B	C	K
		- plat jaraknya sama		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- portal ada panjang penyuluran				
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Tertambat dari jadwal

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN  
FOK UNDIKSHA DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM**

**Nama Mahasiswa : Diah Putri Rahmawati**  
**NRP : 10111500000055**

**Nama Mahasiswa : Farchan Zulkifli**  
**NRP : 10111500000096**

**Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil**

**Program Studi : Diploma III**

**Dosen Pembimbing : Nur Ahmad Husin. ST., MT**  
**NIP : 19720115 199802 1 001**

**ABSTRAK**

Penyusunan tugas akhir terapan ini mengambil objek gedung perkuliahan FOK UNDIKSHA yang terletak di Singaraja, Bali. Namun pada tugas akhir ini, gedung FOK UNDIKSHA direncanakan di Balikpapan, Kalimantan Timur. Gedung akan direncanakan 4 lantai dengan tinggi bangunan 16 m. Pada tugas akhir terapan ini, bangunan akan direncanakan dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Semua komponen struktur direncanakan dengan material beton bertulang. Untuk perhitungan beban gempa, direncanakan menggunakan metode statik ekuivalen.

Perhitungan yang dilakukan dalam tugas akhir terapan ini disesuaikan dengan peraturan yang ada, untuk perhitungan struktur menggunakan SNI 2847 – 2013 tentang persyaratan beton

struktural untuk bangunan gedung ; perencanaan dan perhitungan beban gempa menggunakan SNI 1726 – 2012 tentang tatacara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung dan perhitungan pembebanan gedung sesuai dengan SNI 1727 – 2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Perhitungan yang dilakukan meliputi perhitungan komponen struktur primer yang meliputi balok dan kolom, struktur sekunder yang meliputi pelat dan tangga, serta struktur pondasi. Metode pelaksanaan yang ditinjau dalam tugas akhir ini adalah step pekerjaan beserta uraiannya hingga menghasilkan gambar bestat yang kelak dapat digunakan dalam pelaksanaan di lapangan.

Hasil dari perhitungan ini berupa gambar teknik yang terdiri dari gambar arsitektur, gambar denah stuktur, dan gambar detail penulangan.

**Kata kunci : Sistem rangka pemikul momen menengah, statik ekivalen**

**DESIGN STRUCTURE OF LECTURE BUILDING FOK  
UNDIKSHA USING INTERMEDIATE MOMENT  
RESISTING FRAME SYSTEM AND THE  
IMPLEMENTATION OF BEAM AND COLUMN METHOD**

**Student 1** : Diah Putri Rahmawati  
**NRP** : 10111500000055

**Student 2** : Farchan Zulkifli  
**NRP** : 10111500000096

**Departement** : Civil Infrastucture Engineering

**Program Study** : Diploma III

**Conselor Lecture** : Nur Ahmad Husin. ST., MT  
**NIP** : 19720115 199802 1 001

**ABSTRACT**

*This final project took Lecture Building FOK UNDIKSHA which located at Singaraja, Bali as the object. But in this final project the building planned in Balikpapan, East Kalimantan. The building was designed 4<sup>th</sup> floors with the height 16m. In this final project, the building will be designed using Intermediate Moment Resisting Frame System. All of the component of the structure designed with reinforced concrete. And the Earthquake loads designed with static equivalent methods.*

*The design of the structure is referring to the existing regulations, for structure calculation its designed suitable with Indonesia National Standart 2847-2013 which tells about the Procedures of Concrete Structural for Building. For the Earthquake loads its designed suitable with Indonesia National*



*Standart 1726-2012 which tells about the Procedures of Earthquake-Resistant Structures for Building or Non Building. And then for the non seismic loads its designed suitable with Indonesia National Standart 1727-2013 which tells about Minimum Loadfor Te Design of Building and Other Structure. The calculation of the structure is include primary structure which consists of beam and columns, secondary structure which consists of slab, stairs and foundation structure. The implementation methods that will be concerned is the details steps doing of structure beams and columns framework until bar bending schedule has resulted. The bar bending schedule is can be used as a reference of steps construction in the project.*

*The result from this calculation is in the from of engineering drawings that concists of architectural drawings, structural plan drawings, and reinforcement details drawings.*

***Keywords : Intermediate Moment Resisting Frame System, static equivalent***

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan dengan baik.

Dalam kesempatan ini, penyusun tak lupa mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua, saudara – saudara tercinta, sebagai semangat, dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materil, terutama doa.
2. Dr. Machsus Fawzi, S.T., M.T., selaku ketua program studi Teknik Infrastruktur Sipil ITS.
3. Bapak Nur Ahmad Husin. ST., MT selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberi bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir.
4. Teman – teman terdekat yang tidak bisa disebutkan satu - persatu, terima kasih atas bantuan dan saran selama proses pengerjaan Proposal Tugas Akhir ini.

Disadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna, untuk itu diharapkan adanya kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir Terapan ini

Surabaya, 23 Juli 2018

***“halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR NOTASI .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan .....	2
1.5. Manfaat .....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) .....	3
2.2. Identifikasi Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) .....	4
BAB III METODOLOGI .....	11
3.1. Pengumpulan Data .....	11
3.2. Preliminary Desain .....	12
3.2.1. Perencanaan Dimensi Balok .....	12
3.2.2. Perencanaan Dimensi Kolom .....	14
3.2.3. Perencanaan Dimensi Sloof .....	14
3.2.4. Perencanaan Dimensi Pelat .....	15
3.2.5. Struktur Pondasi .....	18
3.3. Analisa Pembebanan .....	19
3.3.1. Beban Mati .....	19
3.3.2. Beban Hidup .....	19
3.3.3. Beban Hujan .....	20
3.3.4. Beban Angin .....	21
3.3.5. Beban Gempa .....	21
3.4. Permodelan Struktur .....	25
3.5. Perhitungan Penulangan Struktur .....	28
3.5.1. Struktur Balok .....	28



3.5.2. Struktur Kolom.....	43
3.5.3. Pelat.....	48
3.5.4. Sloof.....	50
3.6. Analisis Gaya Dalam .....	53
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>55</b>
4.1. Perencanaan Dimensi Struktur.....	55
4.1.1. Perencanaan Dimensi Balok .....	55
4.1.2. Perencanaan Dimensi Sloof .....	58
4.1.3. Perencanaan Dimensi Kolom.....	59
4.1.4. Perencanaan Tebal Pelat .....	62
4.1.5. Perencanaan Dimensi Tangga.....	70
4.2. Perhitungan Struktur.....	72
4.2.1. Pembebanan Struktur.....	72
4.2.1.1. Pembebanan Pelat .....	72
4.2.1.2. Pembebanan Tangga .....	73
4.2.1.3. Pembebanan Dinding .....	74
4.2.1.4. Pembebanan Angin .....	74
4.2.1.5. Pembebanan Gempa .....	82
4.2.2. Penulangan Struktur.....	104
4.2.2.1. Pelat Lantai .....	104
4.2.2.2. Pelat Atap 1 Arah.....	113
4.2.2.3. Pelat Atap 2 Arah .....	119
4.2.2.4. Pelat Tangga .....	127
4.2.2.5. Pelat Bordes.....	136
4.2.2.6. Struktur Balok .....	147
4.2.2.7. Struktur Kolom .....	252
4.2.2.8. Sloof .....	286
4.2.2.9. Pondasi .....	320
4.3. Metode Pelaksanaan Balok dan Kolom .....	336
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>337</b>
5.1. Kesimpulan.....	337
5.2. Saran.....	340
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>341</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>343</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Desain Geser Untuk SRPMM .....	4
Gambar 2. 2. Peta Hazzard Gempa Indonesia .....	6
Gambar 2. 3. Peta Hazzard Gempa Indonesia .....	6
Gambar 3. 1. Flowchart Perencanaan Struktur .....	11
Gambar 3. 2. Permodelan Struktur .....	27
Gambar 3. 3. Flowchart Penulangan Lentur Balok.....	29
Gambar 3. 4. Flowchart Penulangan Geser Balok .....	32
Gambar 3. 5. Desain Geser Balok SRPMM .....	33
Gambar 3. 6. Flowchart Penulangan Torsi Balok .....	37
Gambar 3. 7. Sub Routine Flowchart Penulangan Torsi Balok .....	38
Gambar 3. 8. Flowchart Perhitungan Panjang Penyaluran.....	40
Gambar 3. 9. Flowchart Penulangan Kolom.....	43
Gambar 3. 10. Faktor Panjang Efektif (k) .....	45
Gambar 3. 11 Gaya Lintang pada Kolom Akibat Beban Gravitasi Terfaktor .....	46
Gambar 4. 1. Denah Perencanaan Balok B1A .....	55
Gambar 4. 2. Denah Perencanaan Balok B2A .....	56
Gambar 4. 3. Denah Perencanaan Balok Kantilever BK1 .....	57
Gambar 4. 4. Denah Perencanaan Sloof S1A .....	59
Gambar 4. 5. Denah Perencanaan Kolom (K1) .....	60
Gambar 4. 6. Denah Perencanaan Kolom (K2) .....	61
Gambar 4. 7. Denah Perencanaan Pelat.....	63
Gambar 4. 8. Denah Tangga.....	70
Gambar 4. 9. Peta Hazard gempa Indonesia tahun 2010 (1) $S_s = 0,235 g$ .....	83
Gambar 4. 10. Peta Hazard gempa Indonesia tahun 2010 (2) $S_i = 0,082 g$ .....	84
Gambar 4. 11. Output M11 Tangga 1 .....	129
Gambar 4. 12. Output M22 Tangga 1 .....	131
Gambar 4. 13. Output M22 Tangga 2 .....	133
Gambar 4. 14. Output M11 Tangga 2 .....	135
Gambar 4. 15. Output M22 Bordes 1 .....	138
Gambar 4. 16. Output M11 Bordes 1 .....	140
Gambar 4. 17. Output M22 Bordes 2 .....	142

Gambar 4. 18. Output M11 Bordes 2.....	145
Gambar 4. 19. Denah Balok yang Ditinjau.....	147
Gambar 4. 20. Output Torsi Balok B1A .....	148
Gambar 4. 21. Output Momen Lapangan Balok B1A.....	149
Gambar 4. 22. Output Momen Tumpuan Kiri Balok B1A.....	149
Gambar 4. 23. Output Momen Tumpuan Kanan Balok B1A....	149
Gambar 4. 24. Output Gaya Geser Balok B1A .....	150
Gambar 4. 25 Geser Desain Balok untuk SRPMM.....	173
Gambar 4. 26. Denah Perencanaan Balok B2A .....	183
Gambar 4. 27. Output Torsi Balok B2A .....	185
Gambar 4. 28. Output Momen Lapangan Balok B2A.....	185
Gambar 4. 29. Output Momen Tumpuan Kiri Balok B2A.....	185
Gambar 4. 30. Output Momen Tumpuan Kanan Balok B2A....	186
Gambar 4. 31. Output Gaya Geser Balok B2A .....	186
Gambar 4. 32 Geser Desain Balok untuk SRPMM.....	209
Gambar 4. 33. Output Torsi Balok B3A .....	221
Gambar 4. 34. Output Momen Lapangan Balok B3A.....	221
Gambar 4. 35. Output Momen Tumpuan Kiri Balok B3A.....	222
Gambar 4. 36. Output Momen Tumpuan Kanan Balok B3A....	222
Gambar 4. 37. Output Gaya Geser Balok B3A .....	222
Gambar 4. 38 Geser Desain Balok untuk SRPMM.....	243
Gambar 4. 39. Denah Kolom K1 .....	253
Gambar 4. 40. Output aksial kombinasi 1,2D+1,6L+0,5R .....	254
Gambar 4. 41. Output aksial kombinasi 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1L .....	255
Gambar 4. 42. Output aksial kombinasi 1,2D + 1Ey + 0,3 Ex + 1L .....	255
Gambar 4. 43. Output aksial kombinasi 1,4 D.....	255
Gambar 4. 44. Output M1ns Y kombinasi 1,2D + 1.6L + 0,5 Lr .....	255
Gambar 4. 45. Output M2ns Y kombinasi 1,2D + 1.6L + 0,5 Lr .....	256
Gambar 4. 46. Output M1ns X kombinasi 1,2D + 1.6L + 0,5 Lr .....	256

Gambar 4. 47. Output M2ns X kombinasi $1,2D + 1,6L + 0,5 Lr$	256
Gambar 4. 48. Output M1s X kombinasi $1D+1Ex+0,3Ey+1L$	257
Gambar 4. 49. Output M2s X kombinasi $1D+1Ex+0,3Ey+1L$	257
Gambar 4. 50. Output M1s Y kombinasi $1D+1Ey+0,3Ex+1L$	257
Gambar 4. 51. Output M2s Y kombinasi $1D+1Ey+0,3Ex+1L$	257
Gambar 4. 52. Nomogram faktor kekakuan kolom	261
Gambar 4. 53. Diagram Interaksi Kolom Arah X	264
Gambar 4. 54. Diagram Interaksi Kolom Arah Y	272
Gambar 4. 55. Output PCACOL	278
Gambar 4. 56. Kemampuan penampang kolom dari PCACOL	279
Gambar 4. 57. Output Pcacol untuk geser kolom	280
Gambar 4. 58. Desain geser kolom untuk SRPMM	281
Gambar 4. 59. Denah Sloof	286
Gambar 4. 60. Output Torsi Sloof S1A	288
Gambar 4. 61. Output Momen lapangan sloof S1A	288
Gambar 4. 62. Output Momen tumpuan kiri sloof S1A	288
Gambar 4. 63. Output Momen tumpuan kanan sloof S1A	289
Gambar 4. 64. Output Gaya geser sloof S1A	289
Gambar 4. 65 Geser Desain untuk SRPMM	311
Gambar 4. 66. Dimensi Pilecap	324
Gambar 4. 67. Ilustrasi Geser 2 Arah	329
Gambar 4. 68. Ilustrasi beban yang bekerja pada pondasi	332

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Klasifikasi Situs.....	5
Tabel 2. 2. Koefisien Situs, $F_a$ .....	7
Tabel 2. 3. Koefisien Situs, $F_v$ .....	7
Tabel 2. 4. Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa (lanjutan) .....	8
Tabel 2. 5. Faktor Keutamaan Gempa .....	9
Tabel 2. 6. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.....	10
Tabel 2. 7. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan periode 1 detik ( $SD1$ ) .....	10
Tabel 3. 1. Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung .....	12
Tabel 3. 2. Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung .....	16
Tabel 3. 3. Tebal minimum pelat tanpa balok interior .....	17
Tabel 3. 4. Spesifikasi dimensi struktur bangunan .....	26
Tabel 3. 5. Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir .....	41
Tabel 3. 6. Rasio tulangan susut dan suhu .....	49
Tabel 3. 7. Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir .....	52
Tabel 4. 1. Kategori resiko bangunan .....	77
Tabel 4. 2. Faktor Arah Angin, $K_d$ .....	77
Tabel 4. 3. Koefisien Tekanan Internal .....	78
Tabel 4. 4. Koefisien Eksposur Tekanan Velositas .....	79
Tabel 4. 5. Koefisien Tekanan Dinding.....	80
Tabel 4. 6. Data SPT .....	82
Tabel 4. 7. Respon Spektrum .....	85
Tabel 4. 8. Berat Bangunan 1 .....	88
Tabel 4. 9. Berat Bangunan 2 .....	91
Tabel 4. 10. Gaya Geser Horizontal Bangunan 1 .....	95
Tabel 4. 11. Gaya Geser Horizontal Bangunan 2 .....	95
Tabel 4. 12. Eksentrisitas Bangunan 1.....	96
Tabel 4. 13. Gaya Gempa Tiap Kolom Lantai 2.....	97
Tabel 4. 14. Gaya Gempa Tiap Kolom Lantai 3.....	98
Tabel 4. 15. Gaya Gempa Tiap Kolom Lantai 4.....	99

Tabel 4. 16. Gaya Gempa Tiap Kolom Lantai Atap .....	100
Tabel 4. 17. Eksentrisitas Bangunan 2.....	100
Tabel 4. 18. Gaya Gempa Tiap Kolom Lantai 2 .....	101
Tabel 4. 19. Gaya Gempa Tiap Kolom Lantai 3 .....	102
Tabel 4. 20. Gaya Gempa Tiap Kolom Lantai 4 .....	103
Tabel 4. 21. Gaya Gempa Tiap Kolom Lantai Atap .....	104
Tabel 4. 22. Rekapitulasi tulangan plat dua arah .....	127
Tabel 4. 23. Rekapitulasi tulangan plat satu arah .....	127
Tabel 4. 24. Rekapitulasi penulangan tangga .....	146
Tabel 4. 25. Hasil Penulangan Balok B1A .....	182
Tabel 4. 26. Rekapitulasi Tulangan Balok B1 .....	183
Tabel 4. 27. Hasil Penulangan Balok B2A .....	219
Tabel 4. 28. Rekap penulangan Balok Anak (B2) .....	219
Tabel 4. 29. Hasil Penulangan Balok B3A .....	252
Tabel 4. 30. Rekapitulasi penulangan Balok B3 .....	252
Tabel 4. 31. Rekapitulasi tulangan kolom .....	286
Tabel 4. 32. Rekapitulasi penulangan sloof .....	320
Tabel 4. 33. Data Tanah Hasil Uji SPT .....	321
Tabel 4. 34. Spesifikasi Tiang Pancang .....	323
Tabel 4. 35. Data Susunan Tiang Pancang .....	326
Tabel 4. 36. Rekapitulasi Perhitungan Pondasi.....	335
Tabel 4. 37. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan .....	336
Tabel 5. 1. Rekapitulasi penulangan balok B1 .....	337
Tabel 5. 2. Rekapitulasi penulangan balok B2.....	338
Tabel 5. 3. Rekapitulasi penulangan balok B3.....	338
Tabel 5. 4. Rekapitulasi penulangan Sloof .....	338
Tabel 5. 5. Rekapitulasi penulangan kolom .....	338
Tabel 5. 6. Rekapitulasi penulangan pelat satu arah .....	339
Tabel 5. 7. Rekapitulasi penulangan pelat dua arah .....	339
Tabel 5. 8. Rekapitulasi penulangan pondasi.....	339
Tabel 5. 9. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan .....	340

### DAFTAR NOTASI

$A_{cp}$	=	Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton (mm <sup>2</sup> )
$A_g$	=	Luas bruto penampang (mm <sup>2</sup> )
$A_{oh}$	=	Luas daerah yang dibatasi oleh garis pusat tulangan sengkang torsi terluar (mm <sup>2</sup> )
$A_s$	=	Luas tulangan tarik non prategang (mm <sup>2</sup> )
$A_{sc}$	=	Luas tulangan tulangan longitudinal / lentur rencana yang diperhitungkan dalam memikul momen lentur (mm <sup>2</sup> )
$A'_s$	=	Luas tulangan tekan non prategang (mm <sup>2</sup> )
$b$	=	Lebar daerah tekan komponen struktur (mm)
$b_w$	=	Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm)
$C'_c$	=	Gaya pada tulangan tekan
$C'_s$	=	Gaya tekan pada beton
$d$	=	Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
$d'$	=	Jarak dari serat tekan terluar ke tulangan tekan (mm)
$d_b$	=	Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang (mm)
$D$	=	Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
$E_c$	=	Modulus elastisitas beton (Mpa)
$E$	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang terkait
$E_x$	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa arah X
$E_y$	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa arah Y
$I_b$	=	Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok
$I_p$	=	Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat
$f'_c$	=	Kuat tekan beton yang disyaratkan (Mpa)



$f_y$	=	Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non pra-tegang (Mpa)
$h$	=	Tinggi total dari penampang
$h_n$	=	Bentang bersih kolom
$k$	=	Faktor panjang efektif untuk komponen struktur tekan
$l$	=	Panjang bentang balok atau pelat satu arah
$l_n$	=	Bentang bersih balok
$l_o$	=	Panjang yang diukur dari muka joint sepanjang sumbu komponen struktur
$l_u$	=	Panjang tak tertumpu komponen struktur tekan
$M_u$	=	Momen terfaktor pada penampang (Nmm)
$M_{nb}$	=	Kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh
$M_{nc}$	=	Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm)
$M_n$	=	Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)
$M_{nl}$	=	Momen kapasitas balok penampang kiri (Nmm)
$M_{nr}$	=	Momen kapasitas balok penampang kanan (Nmm)
$M_{nt}$	=	Momen kapasitas balok penampang atas (Nmm)
$M_1$	=	Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada Komponen tekan; bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal, negatif bila struktur melengkung dengan kelengkungan ganda (Nmm)
$M_2$	=	Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen tekan; selalu bernilai positif (Nmm)
$N$	=	Nilai Test Penetrasi Standar pada suatu lapisan tanah, gaya normal secara umum
$N_u$	=	Beban aksial terfaktor
$P_{cp}$	=	Keliling luar penampang beton (mm)
$P_h$	=	Keliling dari tulangan sengkang torsi
$P_u$	=	Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)

$r$	=	Radius girasi penampang komponen struktur tekan
$R$	=	Faktor reduksi gempa, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung elastik penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut, faktor reduksi gempa representatif struktu gedung tidak beraturan
$S$	=	Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan
$S_n$	=	Kekuatan lentur, geser, atau aksial nominal sambungan
$s_o$	=	Spasi pusat ke pusat tulangan transversal dalam panjang $l_o$ mm
$T$	=	Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya faktor respons gempa struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam spektrum respons gempa rencana
$T_n$	=	Kuat momen torsi nominal (Nmm)
$T_u$	=	Momen torsi terfaktor pada penampang Nmm)
$V_c$	=	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
$V_n$	=	Pengaruh gempa rencana pada taraf pembebanan nominal untuk strukutr gedung dangan tingkatan daktilitas umum, pengaruh gempa rencana pada saat didalam struktur terjadi pelelehan pertama yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan $f_1$
$V_s$	=	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
$V_u$	=	Gaya geser terfaktor pada penampang (N)
$W_u$	=	Beban terfaktor per satuan panjang balok atau pelat satu arah
$\alpha$	=	Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang

		dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
$\alpha_m$	=	Nilai rata-rata $\alpha$ untuk semua balok tepi dari suatu panel
$\beta$	=	Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
$\beta_d$	=	Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum
$\beta_n$	=	Faktor untuk memperhitungkan pengaruh angkur pengikat pada kuat tekan efektif zona nodal
$\rho$	=	Rasio tulangan tarik
$\rho'$	=	Rasio tulangan tekan
$\rho_b$	=	Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
$\rho_{max}$	=	Rasio tulangan tarik maksimum
$\rho_{min}$	=	Rasio tulangan tarik minimum
$\mu$	=	Faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadi pelelehan pertama
$\Psi$	=	Faktor kekangan ujung – ujung kolom

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Dalam merencanakan struktur bangunan yang stabil, aman, dan tahan saat terjadi gempa diperlukan perhitungan dan perencanaan yang secara khusus berkaitan dengan gempa yang terjadi. Dalam perencanaan tugas akhir ini, peraturan bangunan tahan gempa didesain sesuai dengan SNI 1726-2012.

Ada beberapa sistem yang dapat diterapkan dalam struktur bangunan untuk menahan beban gempa yang terjadi, salah satunya Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Dalam Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), terdapat 3 jenis sistem yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Berdasarkan data tanah, dan syarat kegempaan struktur gedung FOK UNDIKSHA akan direncanakan dengan sistem rangka pemikul momen menengah. Sistem rangka pemikul momen menengah adalah suatu system rangka ruang dimana komponen-komponen strukturnya dapat menahan gaya gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen menengah sesuai dengan SNI 03-2847-2013 sehingga struktur dapat merespon gempa tanpa mengalami keruntuhan seketika. Dalam perencanaan tugas akhir ini, gedung perkuliahan FOK UNDIKSHA akan direncanakan 4 lantai, dimana dalam keadaan eksisting terdiri dari 3 lantai. Perencanaan ini disesuaikan dengan syarat pengerjaan tugas akhir yaitu minimal 4 lantai dengan fungsi bangunan yang sama dengan kondisi eksisting, yaitu gedung perkuliahan.

### **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana cara merencanakan penulangan struktur bangunan gedung FOK Undiksha dengan menggunakan metode SRPMM ?
2. Bagaimana menyajikan metode pelaksanaan penulangan balok dan kolom?

### **1.3. Batasan Masalah**

1. Perhitungan beban gempa yang bekerja menggunakan perhitungan statik ekuivalen.
2. Perencanaan ini membahas perencanaan struktural dan metode pelaksanaan balok kolom.
3. Metode pelaksanaan yang ditinjau hanya meliputi pekerjaan penulangan balok dan kolom.

### **1.4. Tujuan**

1. Merencanakan dimensi dan penulangan struktur beton dengan metode SRPMM dalam bentuk laporan perhitungan.
2. Menggambar gambar rencana sesuai perhitungan struktur.
3. Menerjemahkan gambar rencana ke dalam *shopdrawing* penulangan balok dan kolom

### **1.5. Manfaat**

1. Mampu merencanakan struktur gedung dengan metode SRPMM
2. Mampu membuat laporan perhitungan perencanaan struktur.
3. Mampu membuat gambar perencanaan struktur.
4. Mampu membuat *shopdrawing* penulangan balok dan kolom.

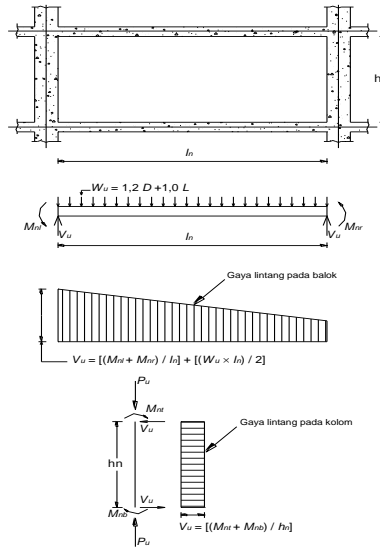
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah merupakan sistem struktur gedung yang dirancang untuk memikul gaya-gaya yang terjadi akibat gempa untuk bangunan dengan KDS C

Syarat-syarat dan perumusan yang dipakai pada perencanaan komponen struktur dengan sistem rangka pemikul momen menengah menurut SNI-03-2847-2013 pasal 21.3:

1. Detail penulangan komponen SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan pasal 23.10(4), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi  $(A_g f_c' / 10)$ . Bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur melebihi  $(A_g f_c' / 10)$ , maka pasal 23.10(5) harus dipenuhi.
2. Kuat geser rencana balok, kolom dan konstruksi pelat dua arah yang memikul beban gempa sesuai dengan pasal 21.3.5.2 SNI 2847-2013



Gambar 2. 1. Desain Geser Untuk SRPMM

## 2.2. Identifikasi Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Untuk mengidentifikasi suatu bangunan menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah, terlebih dahulu mencari nilai – nilai berikut sesuai dengan SNI 1726-2012 :

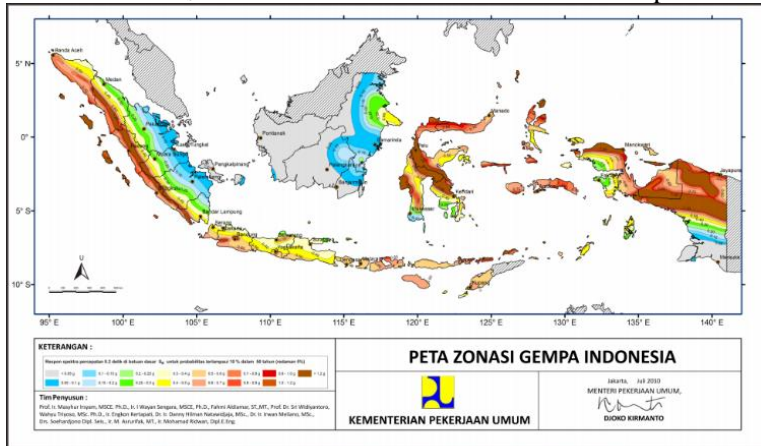
1. Mendapatkan data tanah dari lokasi yang ditinjau
2. Menentukan kelas situs tanah dari nilai SPT rata – rata. Setelah didapat nilai SPT rata rata kemudian dapat menentukan kelas situsnya dengan klasifikasi yang telah tercantum pada tabel 3 klasifikasi situs. Berdasarkan tabel 3 klasifikasi situs, kelas situs daerah Kalianget masuk dalam kelas situs SD atau tanah sedang.

Tabel 2. 1. Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas $PI > 20$ , 2. Kadar air , $w \geq 40 \%$ 3. Kuat geser niralir $S_u < 25$ Kpa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik- situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : -Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah -Lempung sangat organic dan / atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) -Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

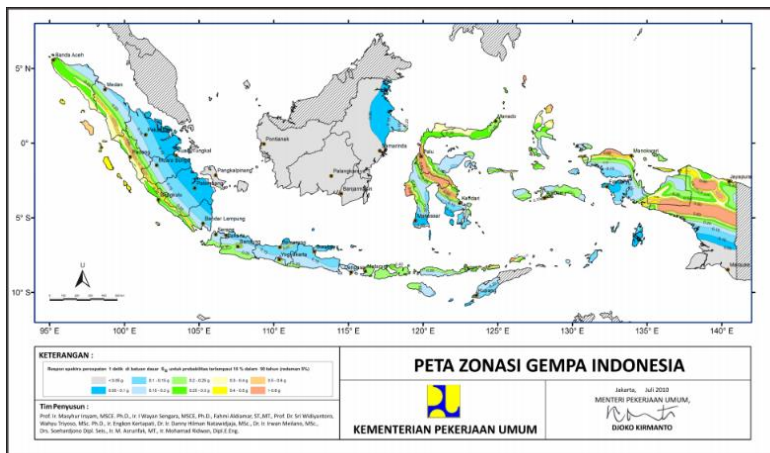


### 3. Mencari nilai $S_s$ dan $S_1$ berdasarkan Peta Hazzard Gempa Indonesia



Gambar 2. Peta respon spektra percepatan 0.2 detik ( $S_a$ ) di batuan dasar ( $S_a$ ) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun

Gambar 2. 2. Peta Hazzard Gempa Indonesia



Gambar 3. Peta respon spektra percepatan 1.0 detik ( $S_1$ ) di batuan dasar ( $S_a$ ) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun

Gambar 2. 3. Peta Hazzard Gempa Indonesia

### 4. Menentukan koefisien situs periode 0,2 detik dan periode 1 detik

Tabel 2. 2. Koefisien Situs,  $F_a$ 

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^b$				

Tabel 2. 3. Koefisien Situs,  $F_v$ 

Kelas situs	Parameter respons spectral percepatan gempa $MCE_r$ terpetakan periode 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	$SS^b$				

5. Menentukan parameter spektrum respon percepatan pada period 0,2 detik ( $S_{MS}$ ) sesuai dengan **SNI 1726-2012**  

$$S_{MS} = F_a S_s$$
6. Menentukan parameter spektrum respon percepatan pada perioda 1 detik ( $S_{M1}$ ) sesuai dengan **SNI 1726-2012**

$$S_{M1} = F_v S_1$$

7. Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (SDS) sesuai dengan **SNI 1726-2012**

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

8. Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik (SD1) sesuai dengan **SNI 1726-2012**

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

9. Menentukan kategori resiko bangunan dan faktor keutamaan gempa. sesuai dengan **SNI 1726-2012**. Kategori risiko bangunan dan faktor keutamaan gempa dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2. 4. Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa (lanjutan)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> </ul>	IV

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran ) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	
---	--

Tabel 2. 5. Faktor Keutamaan Gempa

<b>Kategori Risiko</b>	<b>Faktor Keutamaan Gempa (<math>I_e</math>)</b>
I atau II	1
III	1,25
IV	1,5

10. Menentukan kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada perioda pendek dan parameter respon percepatan pada periode 1 detik

Tabel 2. 6. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai $SDS$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$SDS < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDS \leq 0,5$	B	C
$0,33 \leq SDS \leq 0,5$	C	D
$0,33 \leq SDS$	D	C

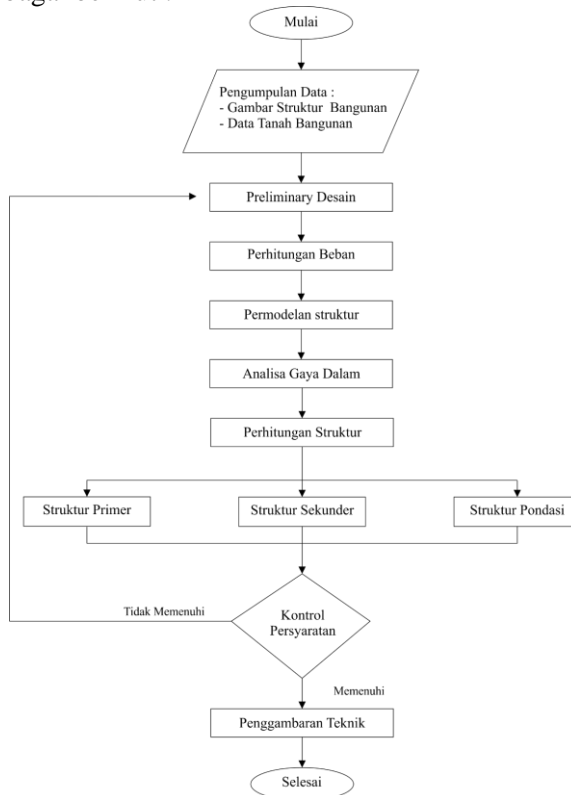
Tabel 2. 7. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan perioda 1 detik ( $SD1$ )

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Suatu bangunan dapat direncanakan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) apabila memenuhi kategori desain seismik C.

### BAB III METODOLOGI

Langkah-langkah dalam perencanaan struktur Bangunan Gedung Perkuliahan FOK UNDIKSHA dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 1. Flowchart Perencanaan Struktur

#### 3.1. Pengumpulan Data

Data data yang diperlukan dalam merencanakan Tugas Akhir ini antara lain:

1. Data Gambar

Data ini meliputi gambar struktur dan gambar arsitektur proyek yang nantinya akan digunakan untuk merencanakan ulang struktur.

2. Data Tanah

Data tanah diperoleh dari penyelidikan tanah yang dilakukan oleh Labolatorium Uji Tanah Departemen Teknik Infrastruktur Sipil - FV – ITS. Data tanah yang diperoleh berupa data hasil uji SPT (*Standart Penetration Test*).

### 3.2. Preliminary Desain

Preliminary Design adalah tahap awal dalam merencanakan dimensi struktur dari bangunan gedung, komponen struktur bangunan gedung antara lain :

1. Balok
2. Kolom
3. Sloof
4. Pelat (Pelat lantai, tangga, dan atap)
5. Pondasi

#### 3.2.1. Perencanaan Dimensi Balok

1. Perencanaan Dimensi Balok

Dalam menentukan tinggi balok dapat menggunakan peraturan *SNI 2847:2013 Tabel 9.5(a)* sebagai berikut :

Tabel 3. 1. Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

	Tebal minimum h			
Komponen struktur	Tertumpu sederhana	Satu ujung	Kedua ujung	Kantilever

	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau plat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8
<p><u>Catatan :</u>            Panjang bentang dalam mm.            Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan-tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut :</p> <p>a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), <math>w_c</math>, diantara 1440 sampai 1840 <math>\text{kg/m}^3</math>, nilai tadi harus dikalikan dengan <math>(1,65 - 0,0003 w_c)</math> tetapi tidak kurang dari 1,09.</p> <p>b) Untuk <math>f_y</math> selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan <math>(0,4 + f_y/700)</math></p>				

Untuk menentukan nilai tinggi (h) pada balok, adalah sebagai berikut :

- a. Dimensi tinggi (h) untuk balok induk :

$$H \geq \frac{1}{16} \times l \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

Jika  $f_y$  selain 420 Mpa



- b. Dimensi tinggi (h) untuk balok anak :

$$H \geq \frac{1}{21} \times l \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

Jika  $f_y$  selain 420 Mpa

- c. Dimensi tinggi (h) pada balok kantilever :

$$H \geq \frac{1}{8} \times l \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

Jika  $f_y$  selain 420 Mpa

- Untuk menentukan nilai dimensi lebar (b) didapat dari nilai  $\frac{1}{2} - \frac{2}{3}$  dari tinggi (h) pada balok yang telah dihitung.

### 3.2.2. Perencanaan Dimensi Kolom

Sesuai peraturan *SNI 2847:2013 Pasal 8.10* untuk menentukan dimensi kolom sebagai berikut :

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

Keterangan:

$I_{kolom}$  = Inersia kolom ( $\frac{1}{12} \times b \times h^3$ )

$L_{kolom}$  = Tinggi bersih kolom

$I_{balok}$  = Inersia balok ( $\frac{1}{12} \times b \times h^3$ )

$L_{balok}$  = Tinggi bersih balok

### 3.2.3. Perencanaan Dimensi Sloof

Untuk menentukan nilai dimensi tinggi (h) pada sloof sama dengan balok induk sebagai berikut :

Dimensi tinggi (h) pada sloof :

$$H \geq \frac{1}{16} \times l \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

Jika  $f_y$  selain 420 Mpa

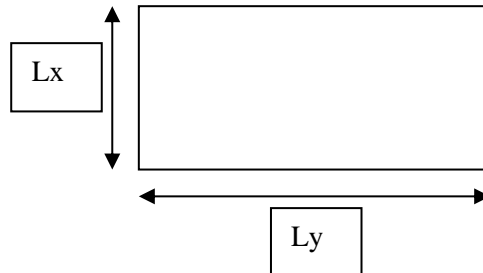
Untuk menentukan nilai dimensi lebar (b) didapat dari nilai  $\frac{1}{2}$  -  $\frac{2}{3}$  dari tinggi (h) pada sloof yang telah dihitung.

### 3.2.4. Perencanaan Dimensi Pelat

#### 1. Perencanaan Tebal Pelat Lantai

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja.

- Pelat satu arah (one way slab)



Apabila  $\frac{L_y}{L_x} > 2$ , maka termasuk pelat satu arah, dimana  $L_x$  adalah bentang pendek dan  $L_y$  adalah bentang panjang, sehingga tebal minimum untuk pelat satu arah telah diatur sesuai *SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.1*

Tabel 3. 2. Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung	Kedua ujung	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau plat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8

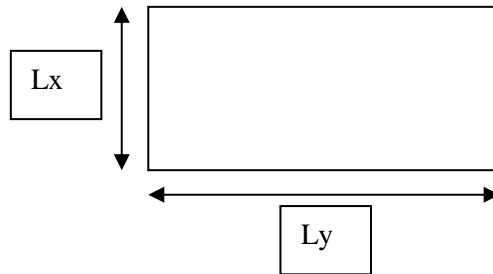
Catatan :

Panjang bentang dalam mm.

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan-tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut :

- a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density),  $w_c$ , diantara 1440 sampai 1840  $\text{kg/m}^3$ , nilai tadi harus dikalikan dengan  $(1,65 - 0,0003 w_c)$  tetapi tidak kurang dari 1,09.
- b) Untuk  $f_y$  selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$

- Pelat dua arah (two way slab)



Apabila  $\frac{L_y}{L_x} < 2$ , maka termasuk pelat dua arah, dimana  $L_x$  adalah bentang pendek dan  $L_y$  adalah bentang panjang, sehingga sesuai *SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3.3*, tebal minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Untuk  $\alpha_m$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tebal minimum pelat tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua dan tidak boleh kurang dari nilai berikut:
  - Pelat tanpa penebalan > 125 mm
  - Pelat dengan penebalan > 100 mm

Tabel 3. 3. Tebal minimum pelat tanpa balok interior

Tegangan leleh, $f_y$ Mpa*	Tanpa penebalan**			Dengan penebalan**		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ***		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ***	
280	ln/33	ln/36	ln/36	ln/36	ln/40	ln/40

420	ln/30	ln/33	ln/33	ln/33	ln/36	ln/36
520	ln/28	ln/31	ln/31	ln/31	ln/34	ln/34
<p>Untuk konstruksi dua arah, ln adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.</p> <p>* Untuk fyantaranilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier</p> <p>** Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5</p> <p>*** Pelat dengan balok diantara kolom kolomnya disepanjang tepi eksterior. Nilai untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8</p>						

- b) Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 0,2 tidak lebih dari 2,0 h, ketebalan pelat minimum harus memenuhi persamaan berikut

$$h = \frac{\ln \left( 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- c) Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 2h, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut

$$h = \frac{\ln \left( 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 m

- d) Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekuatan  $\alpha_1$  tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan persamaan 9.12 dan 9.13 harus dinaikkan paling tidak 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

### 3.2.5. Struktur Pondasi

Perencanaan pondasi dalam struktur bangunan menggunakan data tanah yaitu data SPT. Dalam

perencanaannya harus mempertimbangkan jenis, kondisi, dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. Perencanaan dimensi pondasi dan poer direncanakan setelah dilakukan pemodelan struktur dan analisis gaya dalam.

### 3.3. Analisa Pembebanan

#### 3.3.1. Beban Mati

- a. Beban mati pada pelat lantai, terdiri dari :
  - Berat sendiri pelat
  - Beban pasangan keramik
  - Beban spesi
  - Beban plafond dan rangka
- b. Beban mati pada balok, terdiri dari :
  - Berat sendiri balok
  - Beban mati pada pelat
  - Beban dinding setengah bata
- c. Beban mati pada atap, terdiri dari :
  - Berat sendiri pelat
  - Beban plafond dan rangka

#### 3.3.2. Beban Hidup

Berdasarkan **SNI 1727-2013** beban hidup plat untuk Gedung FOK UNDIKSHA adalah sebagai berikut :

- Beban hidup lantai 1 :

Lobby	= 479 kg/m <sup>2</sup>
Ruang kantor	= 240 kg/m <sup>2</sup>
Ruang kelas	= 192 kg/m <sup>2</sup>
Gimnasium	= 479 kg/m <sup>2</sup>
Koridor lantai 1	= 479 kg/m <sup>2</sup>

- Beban hidup lantai 2 :

Ruang kantor	= 240 kg/m <sup>2</sup>
Ruang kelas	= 192 kg/m <sup>2</sup>
Gimnasium	= 479 kg/m <sup>2</sup>

Aula	= 479 kg/m <sup>2</sup>
Koridor lantai 2	= 383 kg/m <sup>2</sup>

- Beban hidup lantai 3 :

Ruang kantor	= 240 kg/m <sup>2</sup>
Ruang kelas	= 192 kg/m <sup>2</sup>
Gimnasium	= 479 kg/m <sup>2</sup>
Aula	= 479 kg/m <sup>2</sup>
Koridor lantai 3	= 383 kg/m <sup>2</sup>

- Beban hidup lantai 4 :

Ruang kantor	= 240 kg/m <sup>2</sup>
Ruang kelas	= 192 kg/m <sup>2</sup>
Aula	= 479 kg/m <sup>2</sup>
Koridor lantai 4	= 383 kg/m <sup>2</sup>

- Beban hidup lantai atap :

Pelat atap	= 96 kg/m <sup>2</sup>
------------	------------------------

### 3.3.3. Beban Hujan

Menurut (*SNI 1727-2013 pasal 8.3*) setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah dengan beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air diatas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya.

$$R = 0,0098 (ds+dh)$$

Dengan:

R = beban air hujan pada atap yang tidak melendut, dalam kN/m<sup>2</sup>. Apabila istilah atap yang tidak melendut digunakan, lendutan dari beban (termasuk beban mati) tidak perlu diperhitungkan ketika menentukan jumlah air hujan pada atap.

$d_s$  = kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam (mm).

$d_h$  = tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolik), dalam (mm).

### 3.3.4. Beban Angin

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut pasal 26 sampai dengan pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter angin dasar untuk digunakan dengan ketentuan lainnya yang terdapat dalam standar ini. (*SNI 1727:2013 Pasal 26*)

### 3.3.5. Beban Gempa

Dalam perencanaan beban gempa pada Perencanaan Struktur Bangunan Gedung FOK UNDIKSHA dihitung dengan mengacu pada peraturan *SNI 1726-2012 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)*.

#### 1. Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ )

Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa sesuai *SNI 1726-2012 tabel 1* didapatkan dari fungsi bangunan, sehingga akan diperoleh nilai faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) pada *tabel 2 SNI 1726-2012*.

#### 2. Klasifikasi situs

Klasifikasi suatu situs untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu



bangunan di permukaan tanah, maka kelas situs terbesar harus diklasifikasikan terlebih dahulu sehingga profil tanah dapat diketahui. Kelas situs didapat dari data tanah bangunan, pada *SNI 1726-2012 tabel 3* dijelaskan beberapa macam kelas situs yang harus ditinjau.

3. Kecepatan rata-rata gelombang geser ( $V_s$ )

Nilai  $V_s$  harus ditentukan sesuai dengan perumusan berikut :

$$V_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{V_{si}}}$$

Keterangan :

$d_i$  = tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 sampai 30 meter

$V_{si}$  = Kecepatan gelombang geser lapisan  $i$  dinyatakan dalam meter per detik (m/detik)

$\sum_{i=1}^n d_i = 30$  meter

4. Tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata ( $N$ ), dan tahanan penetrasi standar rata-rata untuk lapisan tanah non kohesif ( $N_{ch}$ ). Nilai  $N$  dan  $N_{ch}$  harus ditentukan sesuai dengan perumusan berikut :

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

Dimana  $N$  dan  $d_i$  dalam persamaan 2.2 berlaku untuk tanah non kohesif, tanah kohesif, dan lapisan batuan.

$$N_{ch} = \frac{d_s}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

Dimana  $N_i$  dan  $d_i$  dalam persamaan 2.3 berlaku untuk lapisan tanah non kohesif saja, dan  $\sum_{i=1}^n d_i = d_s$   $\sum_{i=1}^n d_i = d_s$ , dimana  $d_s$  adalah ketebalan total dari lapisan tanah non kohesif di 30 meter lapisan paling atas.  $N_i$  adalah tahanan penetrasi standar 60 persen energi ( $N_{60}$ ) yang terukur langsung

dilapangan tanpa koreksi, dengan nilai tidak lebih dari 305 pukulan/meter.

5. Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget ( $MCE_R$ ). Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periodependek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini :

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

Keterangan :

$S_s$  = parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode pendek

$S_1$  = parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode 1 detik

Dan koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  sesuai *SNII726-2012 tabel 4 dan 5*

6. Parameter percepatan spektral desain

Berdasarkan *SNII726-2012 Pasal 6.3* Parameter percepatanspektral desain untuk periode pendek  $S_{DS}$  dan pada periode 1 detik  $S_{D1}$ , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

### 7. Spektrum respons desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu *SNI 1726-2012 Gambar 1* dan mengikuti ketentuan dibawah ini :

- a. Untuk perioda yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain  $S_a$  harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

- b. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$  sama dengan  $S_{DS}$ .
- c. Untuk perioda lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$  diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Keterangan :

$S_{DS}$  = parameter respon spektral percepatan desain pada periode pendek

$S_{D1}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

$T$  = periode getar fundamental struktur

$T_0$  =  $0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

$T_s$  =  $\frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

8. Menentukan nilai Koefisien Modifikasi Respons (R) sesuai dengan *SNI 1726-2012 Tabel 9*.

9. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik (V) sesuai dengan *SNI 1726-2012 Pasal 7.8.1*

$$V = C_s \times W$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

10. Menghitung Distribusi vertikal gaya gempa sesuai dengan *SNI 1726-2012 Pasal 7.8.3*

$$F_x = C_{vx} \cdot V$$

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k}$$

Sehingga,

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k} \times V$$

11. Menghitung Pusat Massa, Pusat Kekakuan dan Eksentrisitas
12. Menghitung Besarnya Gaya Gempa setiap kolom sesuai dengan eksentrisitas
13. Input ke dalam SAP 2000 Gaya Gempa per kolom

### 3.4. Permodelan Struktur

Permodelan struktur gedung FOK UNDIKSHA menggunakan program SAP-2000. Struktur gedung direncanakan menggunakan material beton bertulang dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Material Beton
  - a. Mutu beton = K300 atau 25 Mpa
  - b. Modulus Elastisitas = 23500 Mpa
  - c. Poisson ratio beton = 0,3
  - d. Berat jenis beton = 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Material Baja Tulangan
  - a. Mutu tulangan longitudinal (fy) = 370 Mpa
  - b. Mutu tulangan transversal (fy) = 3

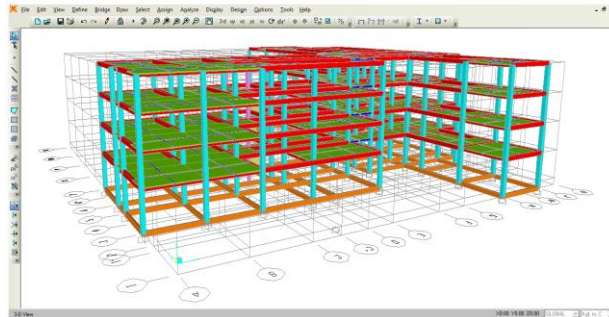
- c. Poisson ratio baja = 0,3  
 d. Berat jenis baja = 7850 kg/m<sup>3</sup>

Sementara itu dimensi struktur diperoleh dari hasil preliminary desain sesuai SNI 2847-2012. Berikut ini adalah spesifikasi dimensi struktur bangunan :

Tabel 3. 4. Spesifikasi dimensi struktur bangunan

No	Elemen	Dimensi	Satuan
1	Balok Induk (B1A)	30/60	cm
2	Balok Induk (B1B)	30/60	cm
3	Balok Anak (B2A)	25/45	cm
4	Balok Anak (B2B)	25/45	cm
5	Balok Kantilever 1	25/45	cm
6	Balok Lisplang	25/45	cm
7	Kolom (K1)	55/55	cm
8	Kolom (K2)	40/40	cm
9	Sloof	30/60	cm
10	Plat	12	cm

Struktur gedung FOK Undiksha dimodelkan dalam bentuk tiga dimensi. Model struktur bangunan disederhanakan menjadi grid karena kolom dianggap kaku. Bangunan dimodelkan 4 lantai, dengan asumsi terdapat perletakan berupa jepit pada dasar bangunan yang digunakan untuk menahan gaya sehingga dapat dilakukan perhitungan pada struktur pondasi. Dalam perencanaan ini, pondasi diasumsikan tidak mengalami penurunan, geseran, maupun rotasi.



Gambar 3. 2. Permodelan Struktur

Atap bangunan menggunakan konstruksi dek beton yang nantinya menerima beban berupa beban mati dan beban hidup. Beban mati dan hidup dimasukkan dengan asumsi searah gravitasi. Untuk beban dinding, diasumsikan sebagai beban merata yang akan ditumpu oleh balok. Berat dinding disesuaikan dengan berat bahan dinding yang digunakan.

Dalam perencanaan struktur gedung FOK Undiksha terhadap beban gempa, perhitungan beban gempa menggunakan pendekatan statik ekuivalen yang dimana besar gaya geser ( $V$ ) akan dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi baban nominal statik ekuivalen pada pertemuan balok dan kolom lantai tingkat ( $F$ ). Beban gempa diletakkan pada sisi terluar bangunan, dengan nilai  $1EX+0,3EY$  dan juga  $1 EY + 0,3 EX$ . Dimana  $EX$  merupakan beban gempa arah  $X$  dan  $EY$  merupakan beban gempa arah  $Y$ .

Pada bagian komponen pelat, yaitu pelat lantai dan pelat tangga akan dibebani sesuai beban yang dipikul sehingga beban pada plat lantai dan pelat tangga akan menjadi berbeda. Pada struktur tangga, diujung bawah bertumpu pada sloof dan diujung atas akan bertumpu pada balok.

### 3.5. Perhitungan Penulangan Struktur

#### 3.5.1. Struktur Balok

##### 1. Persyaratan untuk Batasan Spasi Tulangan

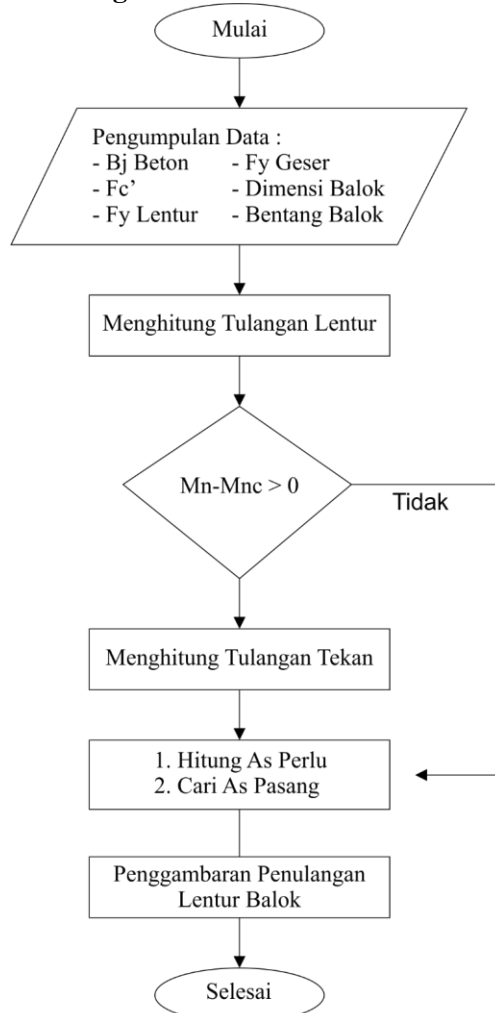
Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.3.4.2 Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/4$
- delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

##### 2. Penulangan Struktur Balok

Sesuai dengan SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1 Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

### 1. Penulangan Lentur Balok



Gambar 3. 3. Flowchart Penulangan Lentur Balok

- a) Menentukan momen tumpuan dan lapangan pada balok diperoleh dari output program SAP 2000.



## b) Perhitungan Penulangan lentur Balok:

- $d = bw - \text{decking} - \emptyset \text{sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{tul. utama}$
- $d' = \text{decking} + \emptyset \text{sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{tul. utama}$
- $M_n = \frac{M_u}{\emptyset}$   
(SNI 2847-2013, Pasal 22.5.1)
- $\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$   
(SNI 2847-2013, Lampiran B8.4.2)
- $\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$   
(SNI 2847-2013, Lampiran B 10.3.3)
- $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$   
(SNI 2847-2013, Pasal 22.5.1)
- $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$   
(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)
- $\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_n}{f_y}} \right)$   
(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)
- Hitung  $x \leq 0,75 x_b$
- $x_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$
- $A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x}{f_y}$
- $M_{nc} = A_{sc} \cdot F_y$
- $M_{ns} = M_n - M_{nc} = \frac{M_u}{\emptyset} - M_{nc}$

Cek tulangan tunggal/rangkap :

- Jika  $(M_n - M_{nc}) > 0$ , maka perlu tulangan rangkap, untuk menentukan kebutuhan tulangan rangkapnya dapat digunakan langkah-langkah berikut ini:

$$C s' = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''}$$

$$f s' = \left( \frac{x - d''}{x} \right) \cdot 600$$

Jika  $f s' > f_y$ , maka tulangan tekan leleh

Jika  $f s' = f_y$ , maka tulangan tekan

Jika  $f s' < f_y$ , maka tulangan tekan tidak leleh

Tulangan tekan perlu ( $A_s'$ )

$$A_s' = \frac{C s'}{(f s' - 0,85 \cdot f c')}$$

Tulangan Tarik tambahan ( $A_{ss}$ )

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y}$$

- Jika  $(M_n - M_{nc}) < 0$ , maka tidak perlu tulangan rangkap, untuk menentukan kebutuhan tulangan rangkapnya dapat digunakan langkah-langkah berikut ini:

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f c'}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_n}{f_y}} \right)$$

Jika  $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$  maka  $\rho \text{ perlu}$  dinaikan 30 %, Sehingga ;

$\rho \text{ pakai} = 1,3 \times \rho \text{ perlu}$

$A_s = \rho \text{ perlu} \times b \times d$

Jikap  $\rho \text{ perlu} > \rho \text{ min}$  maka dimensi balok diperbesar.

- Tulangan perlu

$A_s = A_{sc} + A_{ss}$

$A_s = A_s'$

- Kontrol jarak spasi tulangan sesuai *SNI 2847-2013, Pasal 7.6.2*

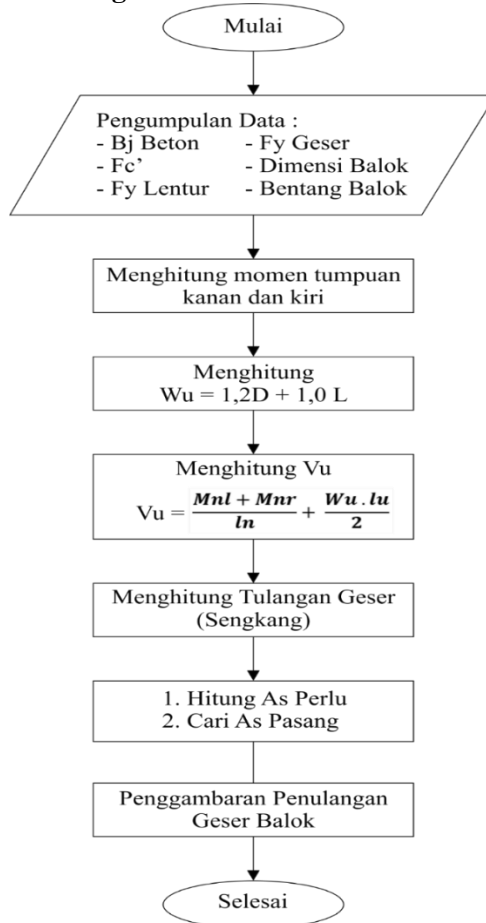
$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{\text{tul sengkang}}) - (n \times \phi_{\text{tul sengkang}})}{n-1}$$

Dimana :  $s \geq 25 \text{ mm}$

- Kontrol kekuatan sesuai *SNI 2847-2013, Pasal 22.5.1*

$$\phi M_n \geq M_u$$

## 2. Penulangan Geser Balok



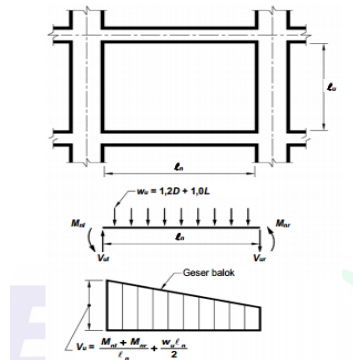
Gambar 3. 4. Flowchart Penulangan Geser Balok

- Penentuan  $V_u$ ,  $V_c$ ,  $V_s$ , dan  $V_s$

Berdasarkan *SNI 2847 – 2013 Pasal 21.3.2* gaya lintang maksimum yang didapatkan dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa (E), dimana E diambil

sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahan gempa

$$W_u = 1,2 D + 1,0 L$$



Gambar 3. 5. Desain Geser Balok SRPMM

(Sumber SNI 03 -2847 -2013; Gambar S21.3.3)

$$V_u = \frac{M_{nr} + M_{nl}}{l_n} + \frac{W_u \cdot l_n}{2}$$

Keterangan :

$V_u$  : gaya lintang horizontal terfaktor pada suatu lantai

$M_{nl}$  : Momen nominal penampang kiri

$M_{nr}$  : Momen nominal penampang kanan

$W_u$  : beban terfaktor per unit luas

$l_n$  : bentang balok

Nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan dalam pasal ini tidak boleh melebihi 8,3 MPa, kecuali seperti 11.1.2.1. ( SNI 03 – 2847 -2013, Pasal 11.1.2)

Perhitungan kuat geser beton yang dibebani oleh geser :

- $\phi V_u \geq V_n$   
 $V_n = V_c + V_s$

(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.1.1)

- $V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'c'} bw \cdot d$   
(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.2.1.1)
- $V_s \min = \frac{1}{3} \times bw \times d$   
(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.4.6)
- $V_s \max = 0,66\sqrt{f'c'} bw \cdot d$   
(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.4.5.3)
- $V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$   
(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.4.7.2)
- $A_v = 0,062\sqrt{f'c'} \frac{bw \cdot s}{f_{yt}}$   
(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.4.6.3)

### **Kontrol Kondisi**

- a. Kondisi 1  
 $V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c$   
 (Tidak perlu tulangan geser)
- b. Kondisi 2  
 $0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c < V_u \leq \emptyset \cdot V_c$   
 (Perlu tulangan geser minimum)  

$$A_v \min = \frac{0,35 \cdot S}{f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$
- c. Kondisi 3  
 $\emptyset \cdot V_c < V_u \leq \emptyset \cdot (V_c + V_s \min)$   
 (Perlu tulangan geser minimum)  

$$A_v \min = \frac{0,35 \cdot S}{f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$
- d. Kondisi 4  

$$\emptyset \cdot (V_c + V_s \min) < V_u \leq \emptyset \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d \right)$$
  
 (Perlu tulangan geser)  

$$\emptyset V_s \text{ perlu} = V_u - \emptyset V_c$$

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

e. Kondisi 5

$$\phi \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right) < V_u \leq \phi \left( V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

(Perlu tulangan geser)

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c$$

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

f. Kondisi 6

$$V_s \leq \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \text{ (Perbesar penampang)}$$

Keterangan :

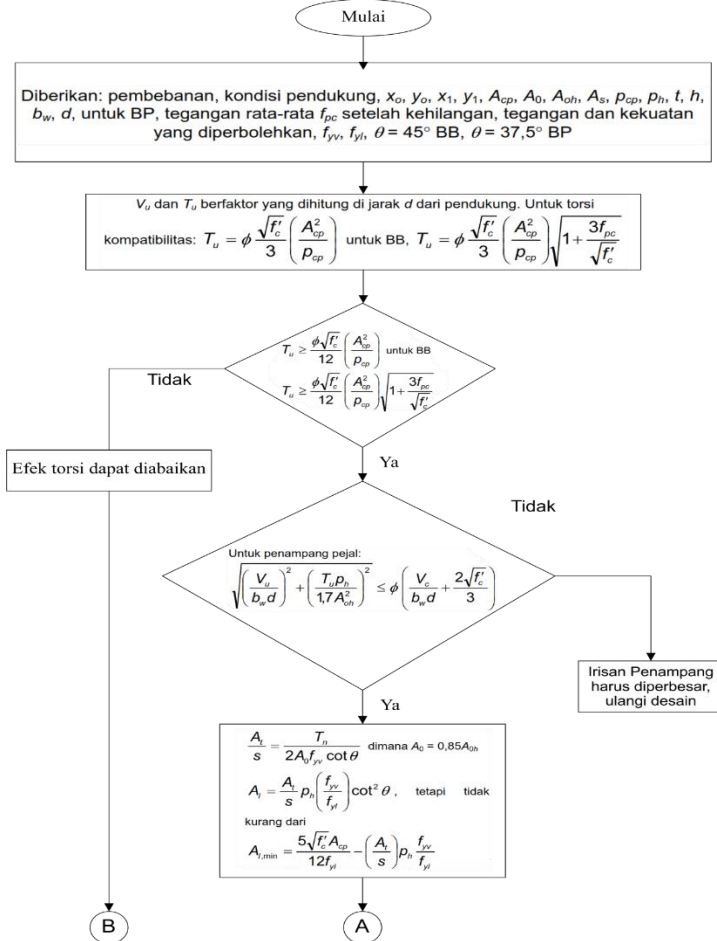
$V_n$  : Tegangan geser nominal

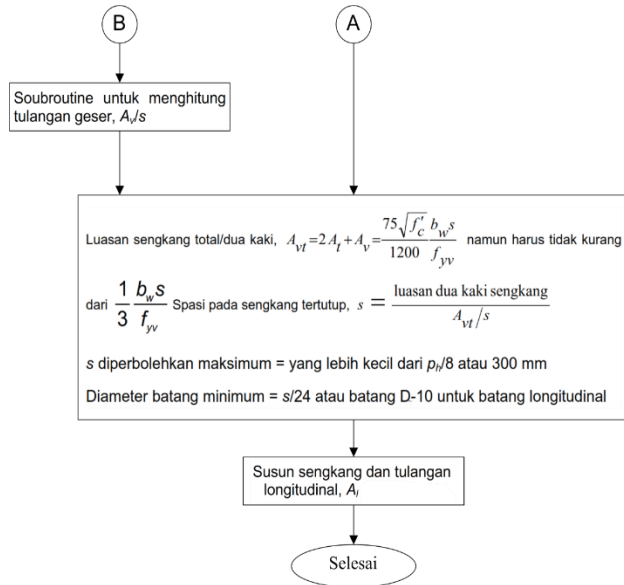
$V_c$  : Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

$V_s$  : Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser

$A_v$  : Luas tulangan geser

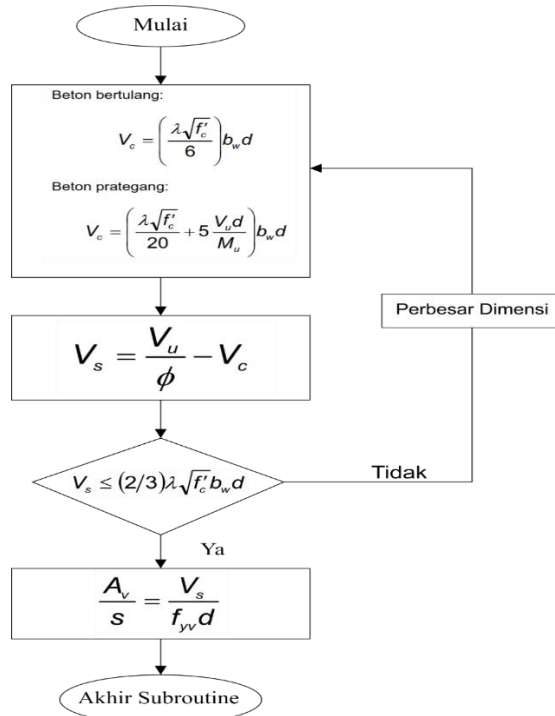
### 3. Penulangan Torsi





Gambar 3. 6. Flowchart Penulangan Torsi Balok





Gambar 3. 7. Sub Routine Flowchart Penulangan Torsi Balok

Perencanaan torsi didasarkan dari SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1. yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika momen puntir terfaktor  $T_u$  memenuhi syarat sebagai berikut: **Tu kurang dari**

$$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$A_{cp}$  = Luas penampang keseluruhan

$P_{cp}$  = keliling penampang keseluruhan

$\lambda$  = 1 (beton normal) SNI 2847 2013 pasal 8.6.1

$\Phi$  = 0,75 (faktor reduksi beban torsi) SNI 2847 2013 pasal 9

- Untuk memikul geser oleh lentur dan puntir, dimensi penampang harus direncanakan:

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{Tu Ph}{1.7 A c h^2}\right)^2} \leq \phi \left( \frac{Vc}{b_w d} + 0.66 \sqrt{f'c} \right)$$

- Dalam mendesain tulangan torsi, harus memenuhi:

$$\phi T_n \geq Tu$$

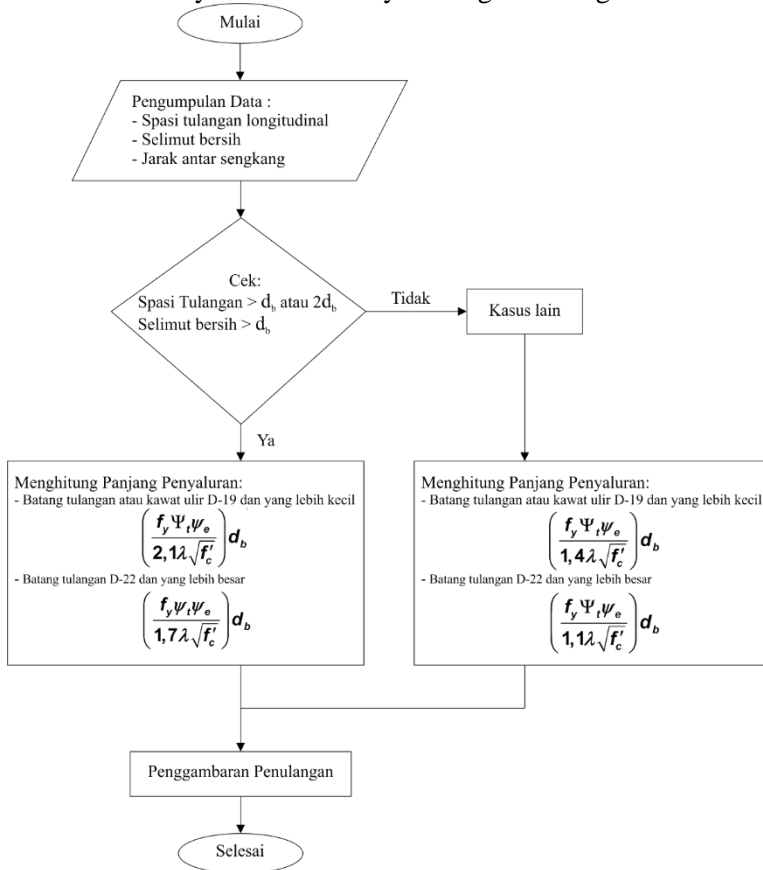
Sedangkan  $T_n$  dihitung dengan persamaan:

$$T_n = \frac{2 A_o A_t f_{yt}}{s} \cot \theta$$

Dengan  $A_o$  boleh diambil sama dengan 0,85 ;  $\theta$  boleh diambil sama dengan 45 derajat untuk komponen struktur non prategang atau komponen struktur prategang dengan gaya prategang efektif kurang dari 40% kekuatan tarik longitudinal. Luas tulangan longitudinal tambahan untuk menahan torsi.  $A$  tidak boleh kurang dari:

$$A_l = \frac{A_t}{s} Ph \left( \frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cot^2 \theta$$

#### 4. Penyaluran dan Penyambungan Tulangan



Gambar 3. 8. Flowchart Perhitungan Panjang Penyaluran

Penyaluran batang ulir dan kawat ulir yang berada dalam kondisi tarik

- Panjang penyaluran  $\lambda_d$  dinyatakan dalam diameter  $d_b$  untuk batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik, harus ditentukan berdasarkan pasal 21.5.3, tetapi  $\lambda_d$  tidak boleh kurang dari 300 mm.

Untuk batang ulir atau kawat ulir,  $\lambda_d / d_b$  harus diambil sebagai berikut :

Tabel 3. 5. Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $d_b$ , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang di sepanjang $\lambda_d$ tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan Atau Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari $d_b$	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{12 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{25 \sqrt{f_c'}}$	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{5 \sqrt{f_c'}}$
Kasus-kasus lain	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{18 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{25 \sqrt{f_c'}}$	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{9 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{10 \sqrt{f_c'}}$

Dimana :

$\alpha$  = faktor lokasi penulangan

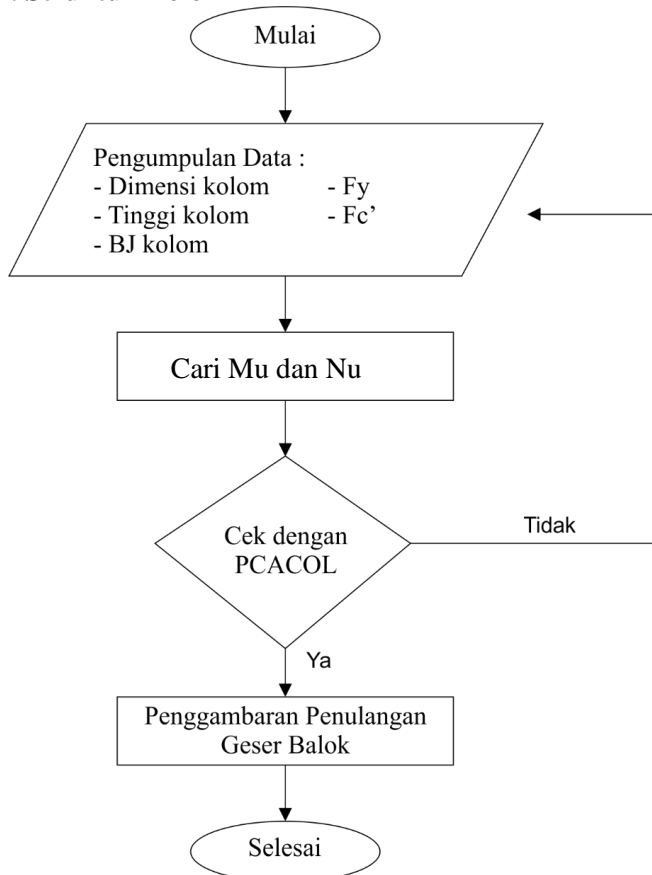
$\beta$  = faktor pelapis

- $\lambda$  = faktor beton agregat ringan  
 $d_b$  = diameter tulangan

Penyaluran batang ulir yang berada dalam kondisi tekan

- Panjang penyaluran  $\lambda_d$  dalam mm, untuk batang ulir yang berada dalam kondisi tekan harus dihitung dengan mengalikan panjang penyaluran dasar  $\lambda_{db}$  pada pasal 14.3(2) dengan faktor modifikasi yang berlaku sesuai dengan pasal 14.3(3), tetapi  $\lambda_d$  tidak boleh kurang dari 200 mm.
- Panjang penyaluran dasar  $\lambda_{db}$ , harus diambil sebesar  $d_b f_y / (4\sqrt{f'_c})$ , tetapi tidak kurang dari  $0,04 d_b f_y$

### 3.5.2. Struktur Kolom



Gambar 3. 9. Flowchart Penulangan Kolom

1. Kolom harus ditulangi secara spiral sesuai dengan 7.10.4 atau harus memenuhi 21.3.5.2 hingga 21.3.5.4 subpasal 21.3.5.5 berlaku untuk semua kolom, dan 21.3.5.6 berlaku untuk semua kolom yang menumpu komponen struktur kaku tak menerus. (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.5.1)

2. Pada kedua ujung kolom, sengkang harus disediakan dengan spasi  $s_0$  sepanjang panjang  $l_0$  diukur dari muka joint. (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.5.2)
3. Sengkang tertutup pertama ditempatkan tidak lebih dari  $s_0/2$  dari muka joint. (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.5.3)
4. Diluar panjang  $l_0$ , spasi tulangan transversal harus memenuhi 7.10 dan 11.4.5.1. (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.5.4)
5. Tulangan transversal joint harus memenuhi 11.10. (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.5.5)
6. Kolom yang menumpu reaksi dari komponen struktur kaku tak menerus, seperti dinding, harus disediakan dengan tulangan transversal dengan spasi,  $s_0$ . Seperti didefinisikan dalam 21.3.5.2 sepanjang tinggi penuh dibawah tingkat-dimana diskontinuitas terjadi jika bagian gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur ini terkait dengan pengaruh gempa yang melebihi  $(A_g f_c' / 10)$  (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.5.6).

## - Penulangan Kolom

### 1. Penulangan Lentur

- a. Bedakan antara kolom dengan pengaku (braced frame) atau kolom tanpa pengaku (unbraced frame)
  - Untuk komponen struktur tekan yang di bressing terhadap goyangan menyimpang :

$$\frac{k.Lu}{r} \leq 34 - 12 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40$$

- Untuk komponen struktur tekan yang tidak dibressing terhadap goyangan menyimpang :

$$\frac{k.Lu}{r} \leq 22$$

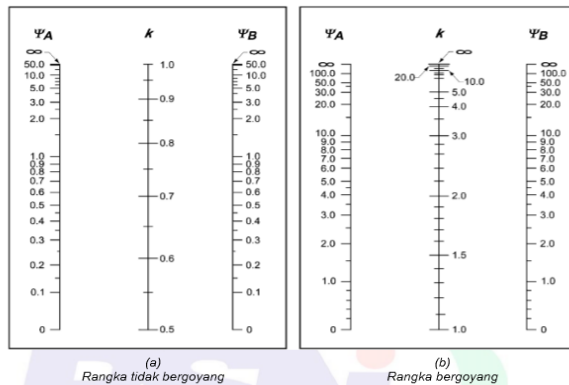
- b. Hitung faktor kekakuan (EI) kolom. Nilai EI bisa diambil dari :

$$EI = \frac{0,2.E_c I_g + E_s I_{se}}{1 + \beta_d} \text{ atau } EI = \frac{0,4.E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

- c. Hitung faktor kekangan ujung-ujung kolom  $\psi_A$  dan  $\psi_B$ .

$$\psi = \frac{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{kolom-kolom}}{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{balok-balok}}$$

- d. Hitung faktor panjang efektif (k). Lihat tabel nomogram pada SNI 2847-2013 Pasal 12.11.6



Gambar 3. 10. Faktor Panjang Efektif (k)

- e. Hitung  $P_c$  (Beban kritis) kolom-kolom yang bersangkutan

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(k \cdot Lu)^2}$$

- f. Hitung faktor pembesaran momen ( $\delta_s$  dan  $\delta_{ns}$ ) sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.10.7.3

$$\delta_s = \frac{1}{1 - Q} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu \Delta o}{Vu \cdot lu}} \geq 1$$



Apabila  $\delta_s$  dihitung menggunakan persamaan diatas dan hasilnya melebihi 1,5 maka dapat digunakan alternatif :

$$\delta_s = \frac{Cm}{1 - \frac{\sum Pu}{0,75 \cdot \sum Pc}} \geq 1$$

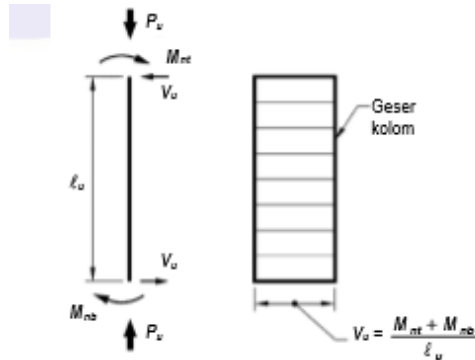
Hitung :

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s \cdot M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s \cdot M_{2s}$$

## 2. Penulangan Geser

Untuk mendapatkan nilai  $V_u$  pada kolom sesuai dengan perencanaan SRPMM dapat diperoleh dari rumus berikut :



Gambar 3. 11 Gaya Lintang pada Kolom Akibat Beban Gravitasi Terfaktor

Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial, maka kuat geser ( $V_c$ ) harus dihitung menggunakan rumus :

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{Nu}{14Ag} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d$$

Besaran  $Nu/Ag$  harus dinyatakan dalam MPa.

Kondisi perhitungan tulangan geser pada kolom sama dengan kondisi perhitungan pada balok.

❖ Cek persyaratan

a. Kontrol momen

$$Mn > \frac{Mu}{\phi}$$

b. Kontrol kemampuan kolom

Kontrol kemampuan kolom dilakukan dengan menggunakan program PCACOL.

$$Mux < Mnx$$

$$Muy < Mny$$

❖ Perhitungan panjang penyaluran tulangan kolom

a. Tulangan kondisi tarik

$$\frac{\lambda_d}{d_s} = \frac{3f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5\sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan lebih} = \frac{A_{spertu}}{A_{spasang}} \lambda_d$$

b. Tulangan kondisi tekan

$$\lambda_d = \frac{d_b \cdot f_y}{4\sqrt{f_c'}} \geq 0,04 \cdot d_b f_y$$

$$\text{Tulangan lebih} = \frac{A_{spertu}}{A_{spasang}} \lambda_d$$

c. Tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$\lambda_{hb} = \frac{100d_b}{\sqrt{f_c'}}$$

### 3.5.3. Pelat

#### Perencanaan penulangan pada pelat lantai

##### 1. Analisis struktur pelat

Rasio kekakuan balok terhadap plat :

$$\alpha = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cp} \cdot I_p} > 1$$

(Sumber : SNI 2847 – 2013, Pasal 13.3.6)

Keterangan :

- $E_{cn}$  : Modulus elastisitas balok beton
- $E_{cp}$  : Modulus elastisitas pelat beton
- $I_b$  : Momen Inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok
- $I_p$  : Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto plat

##### 2. Perhitungan momen – momen yang terjadi pada pelat

- $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$   
(SNI 2847–2013, Pasal 10.5.1)
- $\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{\left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}$   
(SNI 2847–2013, Lampiran Pasal B8.4.2)
- $\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$   
(SNI 2847–2013, Lampiran Pasal B10.3.3)
- $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$   
(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)
- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$   
(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)

Bila  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$  maka  $\rho_{\text{perlu}}$  dinaikan 30 %,  
Sehingga ;

- $\rho_{\text{pakai}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}}$
- $A_s = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$

Bila  $\rho$  perlu  $> \rho$  min maka dimensi pelat diperbesar

### 3. Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 13.3.2

- $S_{\max} < 2.h$

Keterangan : h = Tinggi plat

$S_{\max}$  = Jarak maksimum tulangan

### 4. Kontrol Tulangan Susut dan suhu

Berdasarkan SNI 2847 – 2013, Pasal 7.12.2.1 Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

Tabel 3. 6. Rasio tulangan susut dan suhu

		Rasio tulangan minimum terhadap luas bruto
a	Slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 atau 350	0,0020
b	Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420	0,0018
c	Slab yang menggunakan tulangan	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

### 5. Kontrol jarak spasi antar tulangan susut dan suhu

Berdasarkan SNI 2847 -2013, Pasal 13.3.2) Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih jauh dari 450 mm

Untuk pelat tangga, langkah-langkah dalam perencanaan penulangan pada pelat tangga sama dengan pada perencanaan penulangan pada pelat lantai.

### 3.5.4. Sloof

#### 1. Penulangan Lentur

- Mencari nilai momen ultimate kanan dan kiri beserta gaya tarik (Nu) dari 10% gaya aksial pada kolom kanan atau kiri

- Hitung Mn

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

- Mencari nilai  $\rho t$  dari diagram interaksi, dengan menghitung

$$\frac{Mu}{b \cdot h^2} \text{ dan } \frac{Nu}{b \cdot h}$$

- Hitung Ast =  $\rho t \cdot b \cdot h$

- Cek perencanaan

$$\alpha = \frac{As \text{ pasang} \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b}$$

$$Mn_{\text{pasang}} = 0,85 \cdot fc' \cdot \alpha \cdot b \cdot \left( d_{\text{pasang}} - \frac{\alpha}{2} \right) \geq Mn$$

- Kontrol jarak tulangan :

$$s = \frac{bw - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \phi \text{ tul sengkang}) - (n \text{ tul sengkang})}{n-1}$$

Dimana :  $s \geq 25 \text{ mm}$

#### 2. Penulangan Geser

Kontrol kondisi

##### a. Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \cdot \phi \cdot Vc$$

(Tidak perlu tulangan geser)

##### b. Kondisi 2

$$0,5 \cdot \phi \cdot Vc < Vu \leq \phi \cdot Vc$$

(Perlu tulangan geser minimum)

$$A_v \min = \frac{0,35 \cdot S}{f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

c. Kondisi 3

$$\emptyset \cdot V_c < V_u \leq \emptyset \cdot (V_c + V_s \min)$$

(Perlu tulangan geser minimum)

$$A_v \min = \frac{0,35 \cdot S}{f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

d. Kondisi 4

$$\emptyset \cdot (V_c + V_s \min) < V_u \leq \emptyset \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

(Perlu tulangan geser)

$$\emptyset V_s \text{ perlu} = V_u - \emptyset V_c$$

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

e. Kondisi 5

$$\emptyset \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right) < V_u \leq \emptyset \left( V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

(Perlu tulangan geser)

$$\emptyset V_s \text{ perlu} = V_u - \emptyset V_c$$

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

f. Kondisi 6

$$V_s \leq \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

(Perbesar penampang)

Keterangan :

$V_n$  : Tegangan geser nominal

$V_c$  : Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

$V_s$  : Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser

### 3. Perhitungan Panjang Penyaluran

Berdasarkan *SNI 2847–2013 Pasal 12.2*

- Panjang penyaluran ( $l_d$ ), dinyatakan dalam diameter  $d_b$ . Nilai  $l_d$  tidak boleh kurang dari 300 mm
- Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai  $l_d/l_b$  harus diambil sebagai berikut :

Tabel 3. 7. Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir

	Batang D – 19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D – 22 atau lebih besar
Spasi bersih batang – batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $d_b$ , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang disepanjang $l_d$ tidak kurang dari persyaratan minimum atau spasi bersih batang – batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton	$\left( \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{2,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$

bersih tidak kurang dari $d_b$		
Kasus – kasus lain	$\left( \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{1,4 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$

Untuk batang tulangan ulir atau kawat ulir  $I_d$  harus sebesar :

$$I_d = \left( \frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \frac{\Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \Psi_s}{\left( \frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

Dimana ruas pengekanan  $(C_b + K_{tr}) / d_b$  tidak boleh diambil lebih besar dari 2,5 dan :

$$K_{tr} = \frac{40 A_v}{s_n}$$

Dimana  $n$  adalah jumlah batang tulangan atau kawat yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan untuk menggunakan  $K_{tr} = 0$  sebagai penyederhanaan desain meskipun terdapat tulangan transversal.

### 3.6. Analisis Gaya Dalam

Nilai gaya dalam diperoleh dengan menggunakan program SAP 2000 dan PCACOL. Setelah dianalisa maka dilakukan penulangan struktur berdasarkan data yang dihasilkan program SAP 2000 dan PCACOL. Kombinasi beban yang digunakan adalah sebagai berikut :

1.  $U = 1,4D$
2.  $U = 1,2D + 1,6L$
3.  $U = 1,2D + 1,6L + 0,5R$
4.  $U = 1,2D + 1L + 1,6R$
5.  $U = 0,9D + 1W$
6.  $U = 1,0D + 1,0L + 0,5R$



7.  $U = 0,9D \pm 1,0 E_x \pm 0,3 E_y$
8.  $U = 0,9D \pm 1,0 E_y \pm 0,3 E_x$
9.  $U = 1.2D \pm 1E_x \pm 0,3 E_y + 1L$
10.  $U = 1.2D \pm 1E_y \pm 0.3 E_x + 1L$

Keterangan :

- U = Beban Ultimate
- D = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi seperti berat dinding, lantai, atap, dll
- L = Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan bangunan.
- E = Beban gempa

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Perencanaan Dimensi Struktur

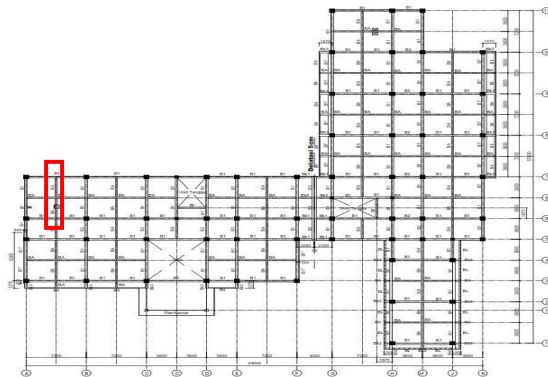
Langkah awal dalam merencanakan suatu gedung ialah menentukan dimensi struktur yang akan digunakan

#### 4.1.1. Perencanaan Dimensi Balok

Dalam perencanaan dimensi balok terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan gambar hasil perencanaan dimensi balok dalam perencanaan struktur gedung FOK UNDIKSHA adalah sebagai berikut :

##### A. Balok Induk (B1)

- a. Data-data perencanaan
  - Tipe Balok = B1A
- As Balok = As A joint (6-7)
  - Bentang Balok ( $L_{Balok}$ ) = 720 cm
  - Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) = 400 Mpa
  - Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 25 Mpa
- b. Denah Pembalokan



## c. Perhitungan Perencanaan

$$h = \frac{L}{12} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) \qquad b = \frac{1}{2} \times h$$

$$h = \frac{720}{12} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right) \qquad b = \frac{1}{2} \times 60 \text{ cm}$$

$$h = 58,28 \text{ cm}$$

$$b \approx 30 \text{ cm}$$

$$h \approx 60 \text{ cm}$$

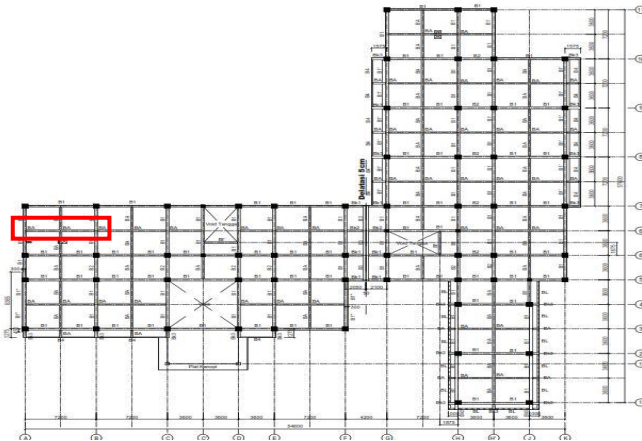
Maka direncanakan balok induk dengan dimensi 30/60 cm.

## B. Balok Anak (B2)

## a. Data-data perencanaan :

- Tipe Balok = B2A
- As Balok = As 6' joint A-B
- Bentang Balok ( $L_{\text{Balok}}$ ) = 720 cm
- Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) = 400 Mpa
- Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 25 Mpa

## b. Denah Pembalokan :



Gambar 4. 2. Denah Perencanaan Balok B2A

## c. Perhitungan Perencanaan

$$h = \frac{L}{21} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$b = \frac{1}{2} \times h$$

$$h = \frac{720}{21} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$b = \frac{1}{2} \times 45 \text{ cm}$$

$$h = 33,30 \text{ cm}$$

$$b \approx 22.5 \text{ cm}$$

$$h \approx 45 \text{ cm}$$

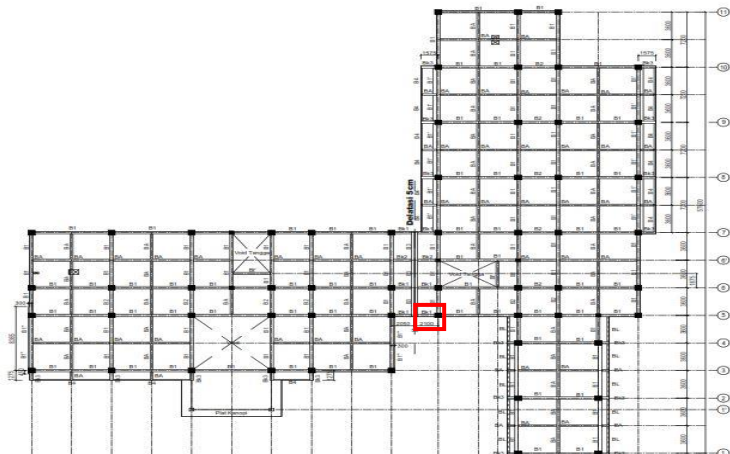
Maka direncanakan balok anak dengan dimensi 25/45 cm.

## C. Balok Kantilever (BK1)

## a. Data-data perencanaan :

- Tipe Balok = B2
- As Balok = As G joint 5
- Bentang Balok ( $L_{\text{Balok}}$ ) = 210 cm
- Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 25 Mpa
- Mutu tulangan lentur = 400 Mpa

## b. Denah Pembalokan :



Gambar 4. 3. Denah Perencanaan Balok Kantilever BK1

c. Perhitungan Perencanaan :

$$h = \frac{L}{8} \times \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad b = \frac{1}{2} \times h$$

$$h = \frac{210}{8} \times \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right) \quad b = \frac{1}{2} \times 45 \text{ cm}$$

$$h = 45 \text{ cm} \quad b = 22.5 \text{ cm}$$

$$h \approx 30 \text{ cm}$$

Maka direncanakan balok kantilever dengan dimensi 25/45 cm.

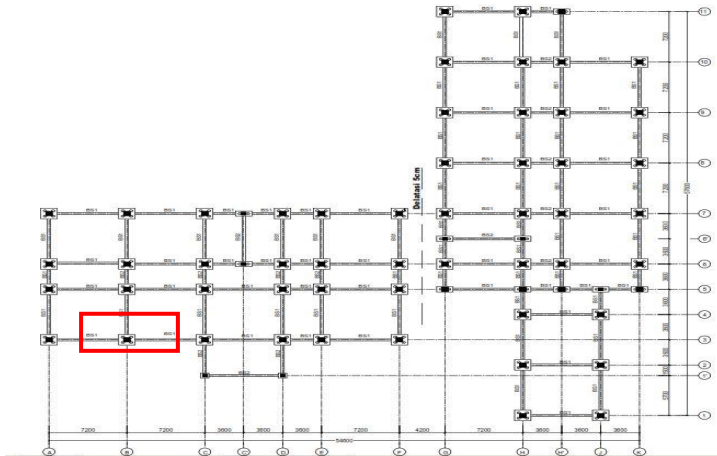
#### 4.1.2. Perencanaan Dimensi Sloof

Dalam perencanaan dimensi sloof terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan gambar hasil perencanaan dimensi sloof dalam perencanaan struktur gedung FOK UNDIKSHA adalah sebagai berikut :

a. Data-data perencanaan

- Tipe Sloof = S1A
- As Sloof = As 3 joint A-B
- Bentang Sloof ( $L_{\text{sloof}}$ ) = 720 cm
- Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) = 240 Mpa
- Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 25 Mpa

## b. Denah Sloof



Gambar 4. 4. Denah Perencanaan Sloof S1A

## c. Perhitungan Perencanaan

$$h = \frac{L}{14} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) \quad b = \frac{1}{2} \times h$$

$$h = \frac{720}{14} \times \left(0,4 + \frac{250}{700}\right) \quad b = \frac{1}{2} \times 60 \text{ cm}$$

$$h = 49,95 \text{ cm} \quad b \approx 40 \text{ cm}$$

$$h \approx 60 \text{ cm}$$

Maka direncanakan balok sloof dengan dimensi 30/60 cm.

**4.1.3. Perencanaan Dimensi Kolom**

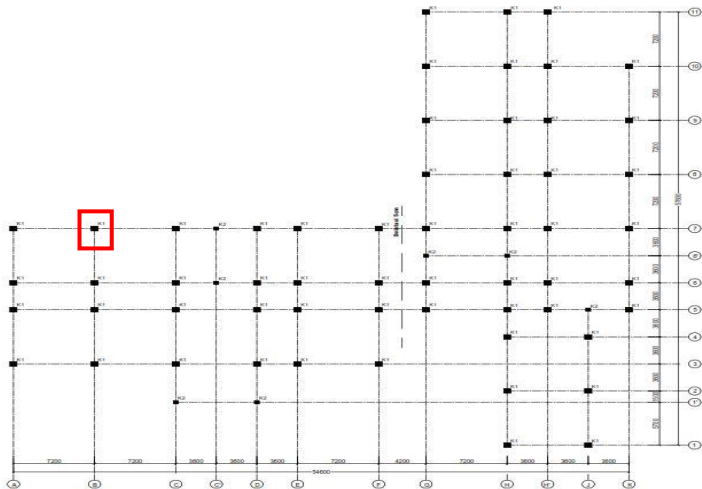
Dalam perencanaan dimensi kolom terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan gambar hasil perencanaan dimensi kolom dalam perencanaan struktur gedung FOK UNDIKSHA adalah sebagai berikut :

## A. Kolom (K1)

## a. Data-data perencanaan :

- Tipe kolom = K1
- Tinggi kolom ( $h_{\text{kolom}}$ ) = 400 cm
- Bentang balok ( $L_{\text{balok}}$ ) = 720 cm
- Lebar balok ( $b_{\text{balok}}$ ) = 30 cm
- Tinggi balok ( $h_{\text{balok}}$ ) = 60 cm

## b. Denah Perencanaan :



Gambar 4. 5. Denah Perencanaan Kolom (K1)

## c. Perhitungan Perencanaan :

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{h_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{Balok}}}{L_{\text{balok}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b_k \times h_k^3}{h_{\text{kolom}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{\text{balok}}}$$

Dimana  $b_k = h_k$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{h_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 30 \times 60^3}{720}$$

$$h = 43.56 \text{ cm}$$

$$h \approx 55 \text{ cm}$$

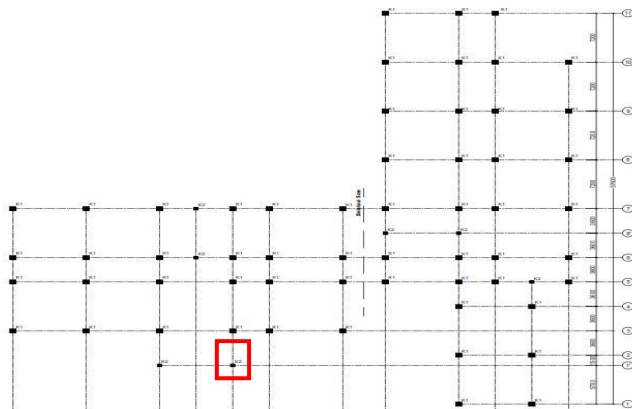
Maka dimensi kolom yang dipakai adalah 55/55 cm.

### B. Kolom (K2)

a. Data-data perencanaan :

- Tipe kolom = K2
- Tinggi kolom ( $h_{kolom}$ ) = 400 cm
- Bentang balok ( $L_{balok}$ ) = 360 cm
- Lebar balok ( $b_{balok}$ ) = 25 cm
- Tinggi balok ( $h_{balok}$ ) = 45 cm

b. Denah Perencanaan :



Gambar 4. 6. Denah Perencanaan Kolom (K2)



c. Perhitungan Perencanaan :

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{h_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{Balok}}}{L_{\text{balok}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b_k \times h_k^3}{h_{\text{kolom}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{\text{balok}}}$$

Dimana  $b_k = h_k$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{h_{\text{kolom}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{\text{balok}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 25 \times 45^3}{360}$$

$$h \approx 40 \text{ cm}$$

Maka dimensi kolom yang dipakai adalah 40/40 cm.

#### 4.1.4. Perencanaan Tebal Pelat

Dalam perencanaan tebal pelat terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan gambar hasil perencanaan dimensi pelat dalam perencanaan struktur gedung FOK UNDIKSHA adalah sebagai berikut :

a. Data-data perencanaan

- Tipe pelat : A
- Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa
- Mutu tulangan ( $f_y$ ) : 400Mpa
- Rencana tebal pelat : 12 cm
- Bentang pelat sumbu panjang ( $L_y$ ): 360 cm
- Bentang pelat sumbu pendek ( $L_x$ ): 360 cm
- Dimensi balok as 4 (H' - J) : 30/60
- Dimensi balok as 5 (H' - J) : 30/60
- Dimensi balok as H' (4-5) : 25/45
- Dimensi balok as J' (4-5) : 30/60

## b. Denah perencanaan



Gambar 4. 7. Denah Perencanaan Pelat

## c. Perhitungan perencanaan

- Bentang bersih sumbu panjang ( $S_n$ )

$$L_y = 360 \text{ cm}$$

$$b \text{ balok as 4 } (h' - j) = 30 \text{ cm}$$

$$b \text{ balok as 5 } (h' - j) = 30 \text{ cm}$$

$$S_n = I_y - \left( \frac{b \text{ balok as 4 } (h' - j)}{2} + \frac{b \text{ balok as 5 } (h' - j)}{2} \right)$$

$$S_n = 360 - \left( \frac{30}{2} + \frac{30}{2} \right)$$

$$S_n = 330 \text{ cm}$$

- Bentang bersih sumbu pendek ( $L_n$ )

$$L_x = 360 \text{ cm}$$

$$b \text{ balok as } h' \text{ (4-5)} = 25 \text{ cm}$$

$$b \text{ balok as } j \text{ (4-5)} = 30 \text{ cm}$$

$$L_n = I_x - \left( \frac{b \text{ balok as j } (4 - 5)}{2} + \frac{b \text{ balok as h' } (4 - 5)}{2} \right)$$

$$L_n = 360 - \left( \frac{30}{2} + \frac{25}{2} \right)$$

$$L_n = 332.5 \text{ cm}$$

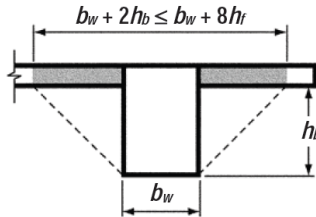
Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek :

$$\beta = \frac{l_n}{S_n}$$

$$\beta = \frac{332.5}{330}$$

$$\beta = 1 < 2 \text{ Two way slab}$$

- Tinjau balok as 4 (h'-j)



$$b_w = 30 \text{ cm}$$

$$h_w = 48 \text{ cm}$$

$$\text{asumsi tebal plat } (h_f) = 12 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

- Menentukan lebar efektif flens (*SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4*)

$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 2(60 - 12) = 126 \text{ cm}$$

$$b_e = 30 + 8(12) = 126 \text{ cm}$$

Maka,  $b_e = 126 \text{ cm}$

- Menentukan faktor modifikasi (k)  
Desain Beton Bertulang edisi keempat jilid 2 (Chu-Kia Wang dan Wang G Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1.77$$

➤ Momen Inersia penampang T ( $I_b$ )

$$I_b = K \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1.77 \cdot \frac{30 \text{ cm} \cdot 60^3 \text{ cm}}{12}$$

$$I_b = 955800 \text{ cm}^4$$

➤ Momen Inersia lajur plat ( $I_p$ )

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{\{0,5 (360 + 360)\} \cdot 12^3}{12}$$

$$I_p = 51840 \text{ cm}^4$$

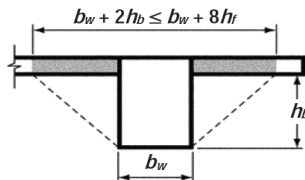
➤ Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = \frac{955800 \text{ cm}^4}{51840 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_1 = 18,44$$

- Tinjau balok as 5 ( $h'$ -j)



$$b_w = 30 \text{ cm}$$

$$h_w = 48 \text{ cm}$$

$$\text{asumsi tebal plat (hf)} = 12 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

➤ Menentukan lebar efektif flens (*SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4*)

$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 2(60-12) = 126 \text{ cm}$$

$$b_e = 30 + 8(12) = 126 \text{ cm}$$

Maka,  $b_e = 126 \text{ cm}$

➤ Menentukan faktor modifikasi ( $k$ )

Desain Beton Bertulang edisi keempat jilid 2 (Chukia Wang dan Wang G Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12}{60}\right) + 4\left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1.77$$

➤ Momen Inersia penampang T ( $I_b$ )

$$I_b = K \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1.77 \cdot \frac{30 \text{ cm} \cdot 60^3 \text{ cm}^3}{12}$$

$$I_b = 955800 \text{ cm}^4$$

➤ Momen Inersia lajur plat ( $I_p$ )

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{\{0,5(360+360)\} \cdot 12^3}{12}$$

$$I_p = 51840 \text{ cm}^4$$

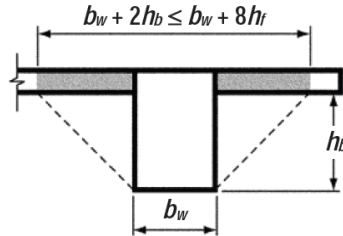
➤ Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = \frac{955800 \text{ cm}^4}{51840 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_1 = 18,44$$

- Tinjau balok as h' joint (4-5)



$$\begin{aligned} b_w &= 25 \text{ cm} \\ h_w &= 33 \text{ cm} \\ \text{asumsi tebal plat (} h_f \text{)} &= 12 \text{ cm} \\ h &= 45 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Menentukan lebar efektif flens (*SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4*)

$$\begin{aligned} b_e &= b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f \\ b_e &= 25 + 2(45-12) = 91 \text{ cm} \\ b_e &= 25 + 8(12) = 111 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka,  $b_e = 91 \text{ cm}$

- Menentukan faktor modifikasi ( $k$ )

Desain Beton Bertulang edisi keempat jilid 2  
(Chu-Kia Wang dan Wang G Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{91}{25} - 1\right) \times \left(\frac{12}{45}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12}{45}\right) + 4\left(\frac{12}{45}\right)^2 + \left(\frac{91}{25} - 1\right) \times \left(\frac{12}{45}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{91}{25} - 1\right) \times \left(\frac{12}{45}\right)}$$

$$k = 1.72$$

- Momen Inersia penampang T ( $I_b$ )

$$I_b = K \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1.72 \cdot \frac{25 \text{ cm} \cdot 45^3 \text{ cm}}{12}$$

$$I_b = 325886 \text{ cm}^4$$

➤ Momen Inersia lajur plat ( $I_p$ )

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{\{0,5 (360+360)\} \cdot 12^3}{12}$$

$$I_p = 51840 \text{ cm}^4$$

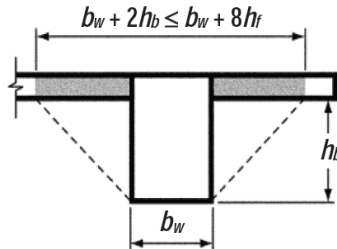
➤ Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_3 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_3 = \frac{325886 \text{ cm}^4}{51840 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_3 = 6.28$$

• Tinjau balok as J (4-5)



$$b_w = 30 \text{ cm}$$

$$h_w = 48 \text{ cm}$$

$$\text{asumsi tebal plat (} h_f \text{)} = 12 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

➤ Menentukan lebar efektif flens (*SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4*)

$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 2(60-12) = 126 \text{ cm}$$

$$b_e = 30 + 8(12) = 126 \text{ cm}$$

Maka,  $b_e = 126 \text{ cm}$

➤ Menentukan faktor modifikasi ( $k$ )

Desain Beton Bertulang edisi keempat jilid 2  
(Chu-Kia Wang dan Wang G Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \times \left[ 4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right) \times \left[ 4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1.77$$

➤ Momen Inersia penampang T ( $I_b$ )

$$I_b = K \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1.77 \cdot \frac{30 \text{ cm} \cdot 60^3 \text{ cm}}{12}$$

$$I_b = 955800 \text{ cm}^4$$

➤ Momen Inersia lajur plat ( $I_p$ )

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{\{0,5 (360 + 360)\} \cdot 12^3}{12}$$

$$I_p = 51840 \text{ cm}^4$$

➤ Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = \frac{955800 \text{ cm}^4}{51840 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_1 = 18,44$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai  $\alpha_m$  :

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} = \frac{18,44 + 18,44 + 6,28 + 18,44}{4} = 15,37$$

Berdasarkan **SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3.3(c)** Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 2, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} = \frac{332,5 \text{ cm} \left(0,8 + \frac{240}{1400}\right)}{36 + 9(1)} = 7,41 \text{ cm} = 75 \text{ mm}$$

Dan tidak boleh kurang dari 90 mm, maka direncanakan tebal plat = 120 mm

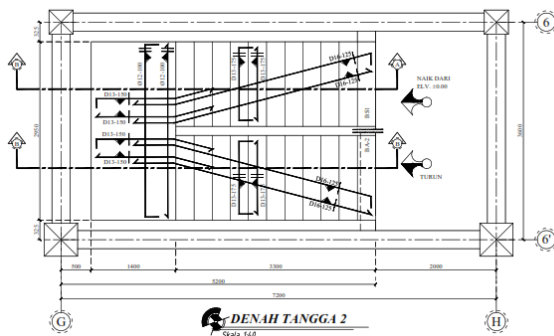


#### 4.1.5. Perencanaan Dimensi Tangga

Dalam perencanaan dimensi tangga terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan gambar hasil perencanaan dimensi tangga dalam perencanaan struktur gedung FOK UNDIKSHA adalah sebagai berikut :

- a. Data-data perencanaan :
  - Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa
  - Mutu tulangan ( $f_y$ ) : 400 Mpa
  - Tebal Pelat Anak Tangga: 15 cm
  - Tebal Pelat Bordes : 15 cm
  - Diameter tul. lentur : 13 mm & 12 mm
  - Tebal Selimut Beton : 20 mm
  - Lebar Injakan (i) : 30 cm
  - Tinggi Injakan (t) : 16 cm
  - Tinggi tangga : 400 cm
  - Tinggi bordes : 208 cm
  - Lebar bordes : 200 cm
  - Panjang datar tangga : 360 cm

#### b. Denah Perencanaan



Gambar 4. 8. Denah Tangga

## c. Perhitungan Perencanaan

- Panjang miring tangga

$$\begin{aligned}
 L &= \sqrt{\text{tinggi bordes}^2 + \text{panjang tangga}^2} \\
 &= \sqrt{208^2 + 360^2} \\
 &= 415,77 \text{ cm} \\
 &= 4,15 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Jumlah tanjakan

$$\begin{aligned}
 nt &= \frac{\text{tinggi bangunan}}{\text{tinggi tanjakan}} \\
 &= \frac{400}{16} \\
 &= 22,22 \approx 23 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

- Jumlah injakan

$$\begin{aligned}
 ni &= nt - 1 \\
 &= 23 - 1 \\
 &= 22 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

- Sudut kemiringan

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \arctan \frac{t}{i} \\
 \alpha &= \arctan \frac{16}{30} \\
 \alpha &= 27,92^\circ
 \end{aligned}$$

- syarat sudut kemiringan

$$\begin{aligned}
 25^\circ &\leq \alpha \leq 40^\circ \\
 25^\circ &\leq 30,96^\circ \leq 40^\circ \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

- Tebal efektif pelat tangga

Dengan perbandingan luas pada segitiga:

$$\begin{aligned}
 L\Delta_1 &= L\Delta_2 \\
 \frac{1}{2} \times i \times t &= \frac{1}{2} \times (\sqrt{i^2 + t^2}) \times d
 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} \times 30 \times 16 = \frac{1}{2} \times (\sqrt{30^2 + 18^2}) \times d$$

$$240 = 17 \times d$$

$$d = 14,12$$

$$\frac{1}{2} \times d = 7,05 \text{ cm}$$

Maka tebal efektif tangga = 22,05 cm  $\approx$  23 cm

## 4.2. Perhitungan Struktur

### 4.2.1. Pembebanan Struktur

#### 4.2.1.1. Pembebanan Pelat

Pembebanan Pelat lantai

Beban mati:

Berat pelat (12cm) = 288kg/m<sup>2</sup>

Berat spesi (2cm) = 37 kg/m<sup>2</sup> (Brosur)

Berat keramik 40 x 40 = 16,8kg/m<sup>2</sup> (Brosur)

Berat plafond = 6,5kg/m<sup>2</sup> (Brosur)

Pemipaan air = 19 kg/m<sup>2</sup> (ASCE 7)

Instalasi listrik, AC, dll = 40 kg/m<sup>2</sup> +

Total beban mati pelat = 345,5 kg/m<sup>2</sup>

Pembebanan Pelat atap

Beban mati:

Berat pelat (12 cm) = 288 kg/m<sup>2</sup>

Waterproofing = 7 kg/m<sup>2</sup> (ASCE 7)

Berat plafond = 6,5kg/m<sup>2</sup> (Brosur)

Pemipaan air = 19 kg/m<sup>2</sup> (ASCE 7)

Instalasi listrik, AC, dll = 40 kg/m<sup>2</sup> +

Total beban mati pelat = 397,3 kg/m<sup>2</sup>

Beban Hidup pelat lantai sesuai SNI 1727-2013 :

Beban hidup lantai 1 :

Lobby = 479 kg/m<sup>2</sup>

Ruang kantor = 240 kg/m<sup>2</sup>

Ruang kelas = 192 kg/m<sup>2</sup>

Gimnasium = 479 kg/m<sup>2</sup>

Koridor lantai 1 = 479 kg/m<sup>2</sup>

Beban hidup lantai 2 :

Ruang kantor	= 240 kg/m <sup>2</sup>
Ruang kelas	= 192 kg/m <sup>2</sup>
Gimnasium	= 479 kg/m <sup>2</sup>
Aula	= 479 kg/m <sup>2</sup>
Koridor lantai 2	= 383 kg/m <sup>2</sup>

Beban hidup lantai 3 :

Ruang kantor	= 240 kg/m <sup>2</sup>
Ruang kelas	= 192 kg/m <sup>2</sup>
Gimnasium	= 479 kg/m <sup>2</sup>
Aula	= 479 kg/m <sup>2</sup>
Koridor lantai 3	= 383 kg/m <sup>2</sup>

Beban hidup lantai 4 :

Ruang kantor	= 240 kg/m <sup>2</sup>
Ruang kelas	= 192 kg/m <sup>2</sup>
Aula	= 479 kg/m <sup>2</sup>
Koridor lantai 4	= 383 kg/m <sup>2</sup>

Beban hidup lantai atap :

Pelat atap	= 96 kg/m <sup>2</sup>
------------	------------------------

Beban hujan pada lantai atap

$$R = 0,0098 (d_s + d_h)$$

$$R = 0,0098 (10 + 20)$$

$$R = 0,294 \text{ kN/m}^2 = 29,4 \text{ kg /m}^2$$

#### 4.2.1.2. Pembebanan Tangga

- Beban pelat anak tangga lantai 1

Beban mati:

$$\text{Berat pelat (15 cm)} = (0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat anak tangga} = 0,078 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 187,2 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat spesi (2cm)} = 37 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat keramik ukuran 25cm x 30cm} = 16,6 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat railing} = 10 \text{ kg/m}^2 +$$

$$\text{Total beban mati pelat (q DL)} = 610.8 \text{ kg/m}^2$$

- Beban Hidup pelat tangga sesuai SNI 1727-2013 :

Tangga = 479 kg

Beban pelat bordes

Beban mati:

Berat pelat (15 cm) =  $0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 360 \text{ kg/m}^2$

Berat spesi (2cm) =  $37 \text{ kg/m}^2$

Berat keramik 25x30 (1cm) =  $17 \text{ kg/m}^2$

Berat pegangan =  $10 \text{ kg/m}^2 +$

Total beban mati pelat (q DL) =  $429 \text{ kg/m}^2$

- Beban Hidup pelat bordes sesuai SNI 1727-2013 :

Beban hidup pelat bordes =  $479 \text{ kg/m}^2$

#### 4.2.1.3. Pembebanan Dinding

Bata Ringan Citicon ( $600 \text{ kg/m}^3 \times 0.1 \text{ m}$ ) =  $60 \text{ kg/m}^2$

Plester D200 (( $20 \text{ kg/m}^2/10\text{mm}$ )x20mm) =  $16 \text{ kg/m}^2$

Acian NP S540 (( $3 \text{ kg/m}^2/2\text{mm}$ )x5mm) =  $2,5 \text{ kg/m}^2 +$

Total beban dinding =  $78,5 \text{ kg/m}^2$

Perhitungan :

- Beban merata lantai 1 =  $H1 \times \text{Total beban dinding}$   
 $= 4 \text{ m} \times 78,5 \text{ kg/m}^2$   
 $= 314 \text{ kg/m}$
- Beban merata lantai 2 =  $H2 \times \text{Total beban dinding}$   
 $= 4 \text{ m} \times 78,5 \text{ kg/m}^2$   
 $= 314 \text{ kg/m}$
- Beban merata lantai 3 =  $H3 \times \text{Total beban dinding}$   
 $= 4 \text{ m} \times 78,5 \text{ kg/m}^2$   
 $= 314 \text{ kg/m}$
- Beban merata lantai 4 =  $H4 \times \text{Total beban dinding}$   
 $= 4 \text{ m} \times 78,5 \text{ kg/m}^2$   
 $= 314 \text{ kg/m}$

#### 4.2.1.4. Pembebanan Angin

Dalam perhitungan pembebanan angin menggunakan SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan

bangunan gedung dan struktur lain. Dalam peraturan tersebut beban angin di desain untuk bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) harus ditentukan dengan menggunakan salah satu dari empat prosedur yaitu prosedur pengarah untuk bangunan gedung seluruh ketinggian, prosedur amplop untuk bangunan gedung bertingkat rendah, prosedur pengarah untuk perlengkapan bangunan gedung, dan prosedur terowongan angin.

Berikut perhitungan pembebanan angin bangunan gedung E Fakultas Olahraga Kesehatan Universitas Pendidikan Ganesha.

Data Perencanaan:

Fungsi bangunan	: Perkuliahan
Tinggi bangunan	: 16 m
Panjang bangunan 1	: 32,4 m
Lebar bangunan 1	: 18 m
Panjang Bangunan 2	: 57,6 m
Lebar bangunan 2	: 18 m
Tinggi tiap lantai	: 4 m

#### 1. Kategori bangunan gedung

- Sesuai SNI 1727:2013 pasal 26.2  
Termasuk bangunan gedung tertutup karena bangunan gedung tidak memenuhi persyaratan untuk bangunan gedung terbuka dan bangunan gedung tertutup sebagian
- Sesuai SNI 1727:2013 pasal 26.2 dan 26.9.2  
Termasuk bangunan kaku karena memenuhi persyaratan sebagai berikut :

##### Penentuan Frekuensi

- Tinggi bangunan  $\leq 91$  m  
16 m  $\leq 91$  m (OK)
- Tinggi bangunan  $\leq 4 \times L_{\text{eff}}$

$$L_{\text{eff}} = \frac{\sum h_i L_i}{\sum h_i} = \frac{518,4 \text{ m}^2}{16 \text{ m}} = 32,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka, } 16 \text{ m} &\leq 4 \times 32.4 \text{ m} \\ 16 \text{ m} &\leq 129,6 \text{ m (OK)}\end{aligned}$$

Sehingga dapat dihitung sesuai dengan pasal 26.9.3 frekuensi alami perkiraan.

Untuk beton bangunan rangka penahan momen

$$n_a = \frac{43,5}{h^{0,9}} = \frac{43,5}{20,8^{0,9}} = 2,83 \text{ Hz}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka, } n_a &\geq 1 \text{ Hz} \\ 2,83 \text{ Hz} &\geq 1 \text{ Hz (OK)}\end{aligned}$$

- Dari uraian diatas maka pembebanan angin pada bangunan gedung SPBAU menggunakan prosedur pengarah (lihat SNI 1727:2013 pasal 27)
2. Langkah-langkah untuk menentukan beban angin SPBAU untuk bangunan gedung tertutup dengan prosedur pengarah (SNI 1727:2013 tabel 27.2-1)
- a) Menentukan kategori resiko bangunan gedung atau struktur lain (SNI 1727:2013 tabel 1.5-1)

Tabel 4. 1. Kategori resiko bangunan

Tabel 1.5-1 - Kategori Risiko Bangunan dan Struktur lainnya untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa\*, dan Es

Penggunaan atau Pemanfaatan Fungsi Bangunan Gedung dan Struktur	Kategori Risiko
Bangunan gedung dan struktur lain yang merupakan risiko rendah untuk kehidupan manusia dalam kejadian kegagalan	I
Semua bangunan gedung dan struktur lain kecuali mereka terdaftar dalam Kategori Risiko I, III, dan IV	II
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan risiko besar bagi kehidupan manusia.	III
Bangunan gedung dan struktur lain, tidak termasuk dalam Kategori Risiko IV, dengan potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi substansial dan/atau gangguan massa dari hari-ke-hari kehidupan sipil pada saat terjadi kegagalan.	
Bangunan gedung dan struktur lain tidak termasuk dalam Risiko Kategori IV (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang manufaktur, proses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat seperti bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan peledak) yang mengandung zat beracun atau mudah meledak di mana kuantitas material melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup untuk menimbulkan suatu ancaman kepada publik jika dirilis.	
Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting.	IV
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat.	
Bangunan gedung dan struktur lain (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang memproduksi, memproses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat berbahaya seperti bahan bakar, bahan kimia berbahaya, atau limbah berbahaya) yang berisi jumlah yang cukup dari zat yang sangat beracun di mana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup menimbulkan ancaman bagi masyarakat jika dirilis.	
Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari Kategori Risiko IV struktur lainnya.	

Maka bangunan gedung termasuk dalam kategori resiko IV

- b) Menentukan kecepatan angin dasar (V)  
 Sesuai dengan prakiraan Badan Meteorologi  
 Klimatologi dan Geofisika  
 $V = 34 \text{ km/jam} = 9,44 \text{ m/s}$
- c) Menentukan Faktor arah angin  
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.6-1  
 $K_d = 0,85$

Tabel 4. 2. Faktor Arah Angin,  $K_d$



Tabel 26.6-1 - Faktor Arah Angin,  $K_d$ 

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin $K_d$
Bangunan Gedung	0,85
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame	
pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

- d) Kategori Eksposur  
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.7  
 Maka termasuk dalam eksposur B
- e) Faktor topografi  
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.8.2  
 $K_{zt} = 1$
- f) Faktor efek tiupan angin  
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.9.1  
 Faktor efek tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku diambil  $G = 0,85$
- g) Koefisien tekanan internal  
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.11-1  
 Tabel 4. 3. Koefisien Tekanan Internal

Klasifikasi Ketertutupan	( $GC_{pi}$ )
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+ 0,55 - 0,55
Bangunan gedung tertutup	+ 0,18 - 0,18

Maka,  $GC_{pi} = + 0,18$   
 $- 0,18$

- h) Koefisien eksposur tekanan velositas

Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 27.3-1  
Tabel 4. 4. Koefisien Eksposur Tekanan Velositas

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
		B	C	D
ft	(m)			
0-15	(0-4,6)	0,57	0,85	1,03
20	(6,1)	0,62	0,90	1,08
25	(7,6)	0,66	0,94	1,12
30	(9,1)	0,70	0,98	1,16
40	(12,2)	0,76	1,04	1,22
50	(15,2)	0,81	1,09	1,27
60	(18)	0,85	1,13	1,31
70	(21,3)	0,89	1,17	1,34
80	(24,4)	0,93	1,21	1,38
90	(27,4)	0,96	1,24	1,40
100	(30,5)	0,99	1,26	1,43
120	(36,6)	1,04	1,31	1,48
140	(42,7)	1,09	1,36	1,52
160	(48,8)	1,13	1,39	1,55
180	(54,9)	1,17	1,43	1,58
200	(61,0)	1,20	1,46	1,61
250	(76,2)	1,28	1,53	1,68
300	(91,4)	1,35	1,59	1,73
350	(106,7)	1,41	1,64	1,78
400	(121,9)	1,47	1,69	1,82
450	(137,2)	1,52	1,73	1,86
500	(152,4)	1,56	1,77	1,89

Tinggi bangunan (z) = 16 m

Interpolasi nilai z :

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

$$\frac{16 - 15,2}{18 - 15,2} = \frac{y - 0,81}{0,85 - 0,81}$$

$$\frac{0,8}{2,8} = \frac{y - 0,81}{0,04}$$

$$y = 0,82$$

Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.9.1

Eksposur B →  $\alpha = 7$

$z_g = 365,76$  m

$$K_z = 2,01 \left( \frac{z}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

$$K_z = 2,01 \left( \frac{16}{367,76} \right)^{\frac{2}{7}}$$

$$K_z = 0,82$$

Maka,  $K_z = K_h = 0,82$  (karena atap datar)

- i) Menentukan tekanan velositas  
Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 27.3.2

$$q_z = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2$$

$$q_z = 0,613 \times 0,82 \times 1 \times 0,85 \times 9,44^2$$

$$q_z = 38,07 \text{ N/m}^2$$

$$q_h = 0,613 \times K_h \times K_{zt} \times K_d \times V^2$$

$$q_h = 0,613 \times 0,82 \times 1 \times 0,85 \times 9,44^2$$

$$q_h = 38,07 \text{ N/m}^2$$

- j) Menentukan koefisien tekanan eksternal  
Sesuai dengan SNI 1727:2013 gambar 27.4-1 untuk dinding dan atap rata

Tabel 4. 5. Koefisien Tekanan Dinding

Koefisien tekanan dinding, $C_p$			
Permukaan	L/B	$C_p$	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	$q_z$
Dinding di sisi angin pergi	0 – 1	- 0,5	$q_h$
	2	- 0,3	
	$\geq 4$	- 0,2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0,7	$q_h$

Dinding di sisi angin datang ( $q_z$ )

$$C_p = 0,8$$

- Dinding di sisi angin pergi ( $q_h$ )

$$\frac{L}{B} = \frac{32,4 \text{ m}}{18 \text{ m}} = 1,8$$

$$C_p = -0,34$$

- Dinding tepi ( $q_h$ )

$$C_p = -0,7$$

- k) Tekanan angin pada setiap permukaan bangunan gedung kaku

Sesuai dengan SNI 1727:2013 persamaan 27.4-1

- Dinding di sisi angin datang

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (G C_{pi})$$

$$p = 39,07 \times 0,85 \times 0,8 - 0 \cdot (+0,18)$$

$$p = 47,82 \text{ N/m}^2 = 4,72 \text{ kg/m}^2$$

- Dinding di sisi angin pergi

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (G C_{pi})$$

$$p = 39,07 \times 0,85 \times (-0,34) - 0 \cdot (+0,18)$$

$$p = -20,32 \text{ N/m}^2 = -2,03 \text{ kg/m}^2$$

- Dinding tepi

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (G C_{pi})$$

$$p = 39,07 \times 0,85 \times (-0,7) - 0 \cdot (+0,18)$$

$$p = -41,84 \text{ N/m}^2 = -4,18 \text{ kg/m}^2$$

- l) Input beban angin di SAP 2000. Beban angin di inputkan ke dalam kolom sebagai beban merata pada tiap-tiap kolom arah x dan y.

- Dinding di sisi angin datang ( $q_z$ )

$$C_p = 0,8$$

- Dinding di sisi angin pergi ( $q_h$ )

$$\frac{L}{B} = \frac{57,6 \text{ m}}{18 \text{ m}} = 3,2$$

$$C_p = -0,24$$

- Dinding tepi ( $q_h$ )

$$C_p = -0,7$$

m) Tekanan angin pada setiap permukaan bangunan gedung kaku

Sesuai dengan SNI 1727:2013 persamaan 27.4-1

- Dinding di sisi angin datang

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (GC_{pi})$$

$$p = 39,07 \times 0,85 \times 0,8 - 0 \cdot (+0,18)$$

$$p = 47,82 \text{ N/m}^2 = 4,72 \text{ kg/m}^2$$

- Dinding di sisi angin pergi

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (GC_{pi})$$

$$p = 39,07 \times 0,85 \times (-0,24) - 0 \cdot (+0,18)$$

$$p = -14,34 \text{ N/m}^2 = -1,43 \text{ kg/m}^2$$

- Dinding tepi

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (GC_{pi})$$

$$p = 39,07 \times 0,85 \times (-0,7) - 0 \cdot (+0,18)$$

$$p = -41,84 \text{ N/m}^2 = -4,18 \text{ kg/m}^2$$

#### 4.2.1.5. Pembebanan Gempa

Berikut langkah-langkah dalam perhitungan :

a) Klasifikasi Situs

Sesuai SNI 1726:2012 pasal 5.3 jenis kategori tanah dibedakan menjadi tanah keras, sedang, lunak, khusus. Jenis tanah pada lokasi bangunan adalah tanah keras maka menggunakan perhitungan data SPT berikut ini:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{N_i}}$$

Tabel 4. 6. Data SPT

Lapisan ke	Tebal Lapisan (di) (m)	Ni	di/Ni
1	7	10	0.7000

2	6	20	0.3000
3	12	32	0.3750
4	15	47.5	0.3158
$\Sigma$	40		1.6908

Sehingga didapatkan nilai  $\bar{N}$  sebagai berikut:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

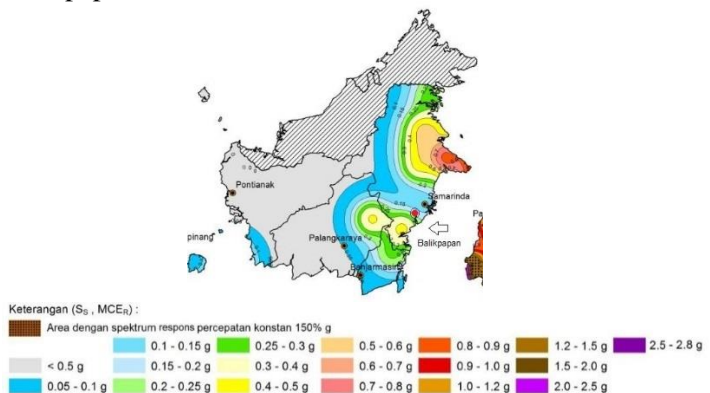
$$\bar{N} = \frac{40}{1.6908}$$

$$\bar{N} = 23.66$$

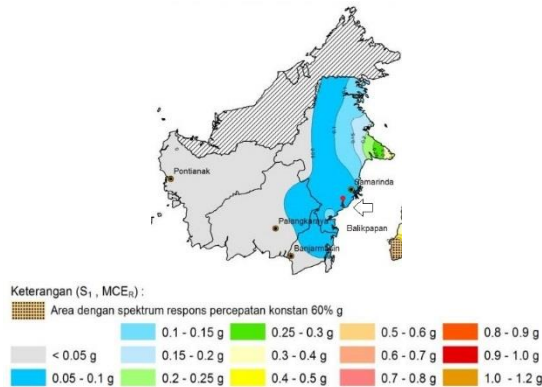
Sesuai **SNI 1726:2012 Tabel 3**, karena nilai  $\bar{N} = 23,66$  maka termasuk dalam tanah sedang (SD) karena  $\bar{N}$  memiliki nilai antara 15 - 50

b) Faktor Percepatan Batuan Dasar ( $S_s$ ,  $S_1$ )

Nilai  $S_s$  dan  $S_1$  didapat berdasarkan peta hazard gempa Indonesia tahun 2010. Diketahui dari lokasi bangunan: Balikpapan



Gambar 4. 9. Peta Hazard gempa Indonesia tahun 2010 (1)  
 $S_s = 0,235 g$



Gambar 4. 10. Peta Hazard gempa Indonesia tahun 2010 (2)

$S_i = 0,082 \text{ g}$

- c) Faktor Koefisien Situs ( $F_a$ ,  $F_v$ ) dan Parameter respon ( $S_{ms}$ ,  $S_{d1}$ )

$S_s = 0,235 \text{ g}$  berada di  $S_s < 0,25$  maka dilakukan interpolasi linier. Maka  $F_a = 1,6$

(SNI 1726:2012 Tabel 4)

Maka  $F_a = 1,20$

$S_1 = 0,082 \text{ g}$  berada di  $S_1 \leq 0,1$

(SNI 1726:2012 Tabel 5)

Maka  $F_v = 2,4$

Koefisien situs

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,20 \times 0,235 = 0,376 \text{ g}$$

(SNI 1726:2012 Pasal 6.2)

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 2,4 \times 0,082 = 0,197 \text{ g}$$

(SNI 1726:2012 Pasal 6.2)

- d) Parameter percepatan spektral desain

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

(SNI 1726:2012 Pasal 6.3)

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times 0,376$$

$$S_{DS} = 0,251$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

*(SNI 1726:2012 Pasal 6.3)*

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times 0,197$$

$$= 0,13$$

**Spektrum respons desain**

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,13}{0,251} = 0,103 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,13}{0,251} = 0,518 \text{ detik}$$

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

*(SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.1)*

$$T = 0,0466 \cdot 16^{0,9}$$

*(SNI 1726:2012 Tabel 15)*

$$T_a = 0,565 \text{ detik}$$

Dari perhitungan diatas, maka termasuk kedalam persamaan:

$$T_0 < T_a < T_s \rightarrow S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

*(SNI 1726:2012 Pasal 6.4)*

$$\text{Sehingga didapatkan nilai } S_a = \frac{S_{D1}}{T} = 0,23 \text{ g}$$

Tabel 4. 7. Respon Spektrum

T (detik)	T (detik)	Sa (g)
0	0	0.100
T <sub>0</sub>	0.1047	0.251
T <sub>s</sub>	0.5234	0.251
T <sub>s</sub> + 0.1	0.6234	0.210
T <sub>s</sub> + 0.2	0.7234	0.181
T <sub>s</sub> + 0.3	0.8234	0.159



$T_s + 0.4$	0.9234	0.142
$T_s + 0.5$	1.0234	0.128
$T_s + 0.6$	1.1234	0.117
$T_s + 0.7$	1.2234	0.107
$T_s + 0.8$	1.3234	0.099
$T_s + 0.9$	1.4234	0.092
$T_s + 1$	1.5234	0.086
$T_s + 1.1$	1.6234	0.081
$T_s + 1.2$	1.7234	0.076
$T_s + 1.3$	1.8234	0.072
$T_s + 1.4$	1.9234	0.068
$T_s + 1.5$	2.0234	0.065
$T_s + 1.6$	2.1234	0.062
$T_s + 1.7$	2.2234	0.059
$T_s + 1.8$	2.3234	0.056
$T_s + 1.9$	2.4234	0.054
$T_s + 2.0$	2.5234	0.052
$T_s + 2.1$	2.6234	0.050
$T_s + 2.2$	2.7234	0.048
$T_s + 2.3$	2.8234	0.046
$T_s + 2.4$	2.9234	0.045
$T_s + 2.5$	3.0234	0.043
$T_s + 2.6$	3.1234	0.042
$T_s + 2.7$	3.2234	0.041

$T_s + 2.8$	3.3234	0.039
$T_s + 2.9$	3.4234	0.038
$T_s + 3.0$	3.5234	0.037
$T_s + 3.1$	3.6234	0.036
$T_s + 3.2$	3.7234	0.035
$T_s + 3.3$	3.8234	0.034
$T_s + 3.4$	3.9234	0.033
$T_s + 3.6$	4.1234	0.032
$T_s + 3.8$	4.3234	0.030
4	4.0000	0.033

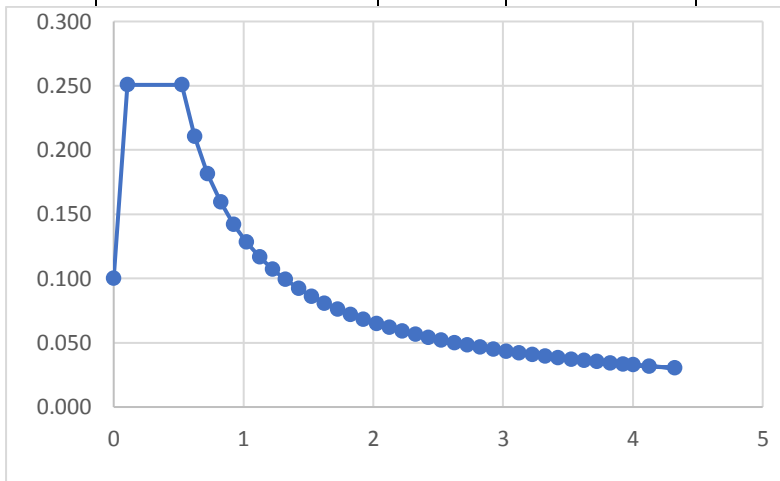


Diagram 4. 1. Grafik Respon Spektrum

-

Tabel 4. 8. Berat Bangunan 1

W	Beban	Komponen	Berat (Kg)	Total (Kg)
W1	Mati	Balok Bordes	0	202626.0821
		Plat dan Anak Tangga	3207.12	
		Plat Bordes	1486.80	
		Dinding	38713	
		Kolom 55/55 (K1)	43560	
		Kolom 40/40 (K2)	3840	
		Sloof	111715.2	
	Hidup	plat tangga	104.362125	
W2	Mati	Balok Bordes	0	607806
		Plat dan Anak Tangga	6414.24	
		Plat Bordes	1486.80	
		Dinding	137383	
		Kolom 55/55 (K1)	78408	
		Kolom 40/40 (K2)	3456	
		Balok induk (B1)	90201.6	
		Balok induk (B2)	15552	
		Balok anak (B3)	23328	
		Balok anak (B4)	5832	
		Balok Kantilever (BK1)	2214	
		Balok Kantilever (BK2)	2409.75	
		Balok Lisplang	7776	
		Pelat	175089.6	
	Hidup	plat tangga	1391.495	
		koridor	14891.04	
		ruang kelas	3732.48	
		labolatorium	37247.04	
		kantor	993.6	

W3	Mati	Balok Bordes	0	516500
		Plat dan Anak Tangga	6414.24	
		Plat Bordes	1486.80	
		Dinding	58282	
		Kolom 55/55 (K1)	69696	
		Kolom 40/40 (K2)	3072	
		Balok induk (B1)	87091	
		Balok induk (B2)	15552	
		Balok anak (B3)	23328	
		Balok anak (B4)	5832	
		Balok Kantilever (BK1)	2214	
		Balok Kantilever (BK2)	2410	
		Balok Lisplang	7776	
		Pelat	175090	
	Hidup	plat tangga	1391.495	
		koridor	14891.04	
		ruang kelas	3732.48	
		labolatorium	37247.04	
		kantor	993.6	
W4	Mati	Balok Bordes	0	521748
		Plat dan Anak Tangga	6414.24	
		Plat Bordes	1486.80	
		Dinding	56562	
		Kolom 55/55 (K1)	69696	
		Kolom 40/40 (K2)	3072	
		Balok induk (B1)	87091	
		Balok induk (B2)	15552	
		Balok anak (B3)	25272	
		Balok anak (B4)	6804	
		Balok Kantilever (BK1)	2214	
		Balok Kantilever (BK2)	2322	
		Balok Lisplang	7776	
		Pelat	176126	
	Hidup	plat tangga	1391	
		koridor	14891	
		ruang kelas	3732	
		labolatorium	40351	
		kantor	994	

W5	Mati	Plat dan Anak Tangga	3207.12	426825.0595
		Dinding	27421	
		Kolom 55/55 (K1)	48672	
		Kolom 40/40 (K2)	1536	
		Balok induk (B1)	87091	
		Balok induk (B2)	15552	
		Balok anak (B3)	25272	
		Balok anak (B4)	6804	
		Balok Kantilever (BK1)	2214	
		Balok Kantilever (BK2)	2322	
		Balok Lisplang	7776	
		Pelat	184265	
	Hidup	plat tangga	696	
		Atap	13996.8	

Tabel 4. 9. Berat Bangunan 2

W	Beban	Komponen	Berat (Kg)	Total (Kg)
W1	Mati	Balok Bordes	0	237140.8375
		Plat dan Anak Tangga	3207.12	
		Plat Bordes	1486.80	
		Dinding	21232	
		Kolom 55/55 (K1)	59895	
		Kolom 40/40 (K2)	2880	
		Sloof	147744	
	Hidup	plat tangga	695.7475	
W2	Mati	Balok Bordes	0	864170.0363
		Plat dan Anak Tangga	6414.24	
		Plat Bordes	1486.80	
		Dinding	102253	
		Kolom 55/55 (K1)	107811	
		Kolom 40/40 (K2)	5184	
		Balok induk (B1)	115084.8	
		Balok induk (B2)	20217.6	
		Balok anak (B3)	40824	
		Balok anak (B4)	8748	
		Balok Kantilever (BK1)	2268	
		Balok Kantilever (BK2)	9038.25	
		Balok Lisplang	6998.4	
		Pelat	260236.8	
	hidup	plat tangga	208.72425	
		koridor	69491.52	
		ruang kelas	18662.4	
		aula	86909.76	
		kantor	2332.8	

W3	Mati	Balok Bordes	0	806282.1263
		Plat dan Anak Tangga	6414.24	
		Plat Bordes	1486.80	
		Dinding	56920	
		Kolom 55/55 (K1)	95832	
		Kolom 40/40 (K2)	4608	
		Balok induk (B1)	115084.8	
		Balok induk (B2)	20217.6	
		Balok anak (B3)	40824	
		Balok anak (B4)	8748	
		Balok Kantilever (BK1)	2268	
		Balok Kantilever (BK2)	9038.25	
		Balok Lisplang	6998.4	
		Pelat	260236.8	
	Hidup	plat tangga	208.72425	
		koridor	69491.52	
		ruang kelas	18662.4	
		aula	86909.76	
		kantor	2332.8	
W4	Mati	Balok Bordes	0	792275
		Plat dan Anak Tangga	6414.24	
		Plat Bordes	1486.80	
		Dinding	58865	
		Kolom 55/55 (K1)	95832	
		Kolom 40/40 (K2)	4608	
		Balok induk (B1)	115085	
		Balok induk (B2)	20218	
		Balok anak (B3)	40824	
		Balok anak (B4)	8748	
		Balok Kantilever (BK1)	2268	
		Balok Kantilever (BK2)	5528	
		Balok Lisplang	6998.4	
		Pelat	247795	
	Hidup	plat tangga	208.72425	
		koridor	69491.52	
		ruang kelas	18662.4	
		aula	86909.76	
		kantor	2332.8	

W5	Mati	Plat dan Anak Tangga	3207.12	473915.7221
		Dinding	30405	
		Kolom 55/55 (K1)	47916	
		Kolom 40/40 (K2)	2304	
		Balok induk (B1)	72576	
		Balok induk (B2)	12960	
		Balok anak (B3)	25272	
		Balok anak (B4)	6804	
		Balok Kantilever (BK1)	2214	
		Balok Kantilever (BK2)	2322	
		Balok Lisplang	6998.4	
		Pelat	241859.52	
	Hidup	Atap	18973.44	
		plat tangga	104.362125	

- **Menentukan koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung**

$$S_{DS} = 0,251$$

$$S_{D1} = 0,13$$

Sesuai *SNI 1726:2012 tabel 14*

$$x = 1,6 + \left( \frac{0,13-0,5}{0,1-0,15} \right) (1,7-1,6)$$

$$x = 1,64$$

$S_{D1}$	$C_u$
0,15	1,6
0,13	1,64
0,1	1,7

Maka  $C_u = 1,64$

- **Mencari perioda fundamental pendekatan**

$$T_a = 0,565 \text{ detik}$$

$$T_c = 0,806 \text{ detik (dari SAP)}$$

$$C_u \cdot T_a = 1,64 \cdot 0,565 = 0,93 \text{ detik}$$

$$T_a < T_c < C_u \cdot T_a$$

$$0,565 < 0,806 < 0,93 \text{ (OK)}$$

$$\text{Maka } T = T_c = 0,806$$

- **Perhitungan koefisien respons seismik**

Sesuai *SNI 1726:2012 tabel 1 dan 2* fungsi bangunan sebagai gedung perkuliahan, maka termasuk dalam kategori resiko IV



$$I_e = 1,50$$

Sesuai **SNI 1726:2012 tabel 9** menggunakan Sistem Rangka beton bertulang pemikul momen menengah  $R= 5$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

(**SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1 persamaan 22**)

$$C_s = \frac{0,251}{\left(\frac{5}{1,5}\right)}$$

$$C_s = 0,0753$$

Syarat :

$$C_s \leq \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

(**SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1 persamaan 23**)

$$0,0753 \leq \frac{0,13}{0,565\left(\frac{5}{1,50}\right)}$$

$$0,0753 \leq 0,133 \quad (\text{memenuhi})$$

$$- \quad C_s \geq 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,001$$

(**SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1 persamaan 24**)

$$0,0753 \geq 0,044 \cdot 0,251 \cdot 1,50 \geq 0,001$$

$$0,0753 \geq 0,0165 \geq 0,001 \quad (\text{memenuhi})$$

Maka nilai  $C_s$  diambil 0,0753

- **Geser dasar seismik bangunan 1**

$$V = C_s \times W$$

$$V = 0,0753 \times 2275505,37 \text{ kg}$$

$$V = 171345,55 \text{ kg}$$

- **Geser dasar seismik bangunan 2**

$$V = C_s \times W$$

$$V = 0,0753 \times 3173784,11 \text{ kg}$$

$$V = 238985,94 \text{ kg}$$

- **Gaya Dasar Seismik per Lantai (F)**

$$F_X = C_{VX} \cdot V$$

(SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3 persamaan 30)

$$C_{VX} = \frac{W_x h_x^k}{\sum W_i h_i^k}$$

(SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3 persamaan 31)

k = eksponen yang terkait dengan perioda struktur

$$T = 0,103 s$$

syarat :

- $T \leq 0,5 s$  , maka  $k = 1$
- $T \geq 2,5 s$  , maka  $k = 2$
- $0,5 s < T < 2,5 s$  , maka k ditentukan dengan interpolasi linier antar 1 dan 2

Maka, nilai K = 1,0125

Gaya gempa per lantai pada bangunan 1, adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 10. Gaya Geser Horizontal Bangunan 1

Lantai	$W_x$ (kg)	$h^k$ (m)	$W_x \cdot h_x$	$W_i h^k / \sum (w_i h^k)$	V (kg)	$F_i$ (kg)
F1	202626.08	0.0	0.00	0.000	171345.55	0.00
F2	607806.45	4	2473722.87	0.122		20938.60
F3	516499.52	8	4240807.23	0.209		35895.92
F4	521748.26	12	6458505.35	0.319		54667.41
F5	426825.06	17	7070032.20	0.349		59843.63
$\Sigma$	2275505.37		20243067.65	1.000		171345.55

Tabel 4. 11. Gaya Geser Horizontal Bangunan 2

Lantai	$W_x$ (kg)	$h_x$ (m)	$W_x \cdot h_x$	$W_i h^k / \sum (w_i h^k)$	V (kg)	$F_i$ (kg)
F1	237140.84	0.0	0.00	0.000000	238985.94	0.00
F2	864170.04	4	3517101.85	0.126539		30241.14
F3	806282.13	8	6620116.68	0.238181		56921.83
F4	792275.39	12	9807248.45	0.352848		84325.78
F5	473915.72	17	7850053.18	0.282432		67497.20
$\Sigma$	3173784.11		27794520.17	1.000000		238985.94

Tabel 4. 12. Eksentrisitas Bangunan 1

EKSENTRISITAS BANGUNAN 1						
LANTAI	PUSAT MASSA		PUSAT KEKAKUAN		EKSENTRISITAS	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
1	15.52057	9.02094	16.89722	9.352405	1.3767	0.3315
2	16.32557	9.211193	16.87442	9.068217	0.5488	0.1430
3	16.35513	8.89288	16.85066	8.772032	0.4955	0.1208
4	16.42419	9.124088	16.85066	8.772032	0.4265	0.3521
ATAP	16.90631	9.299917	16.85066	8.772032	0.0557	0.5279

- Beban gempa tiap kolom bangunan 1 :

- **Lantai 1 (Dasar)**

$$F_{ix} = 0$$

$$F_{iy} = 0$$

- **Lantai 2**

$$\begin{aligned} M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_1 \\ &= 0.549 \text{ m} \cdot 20938.60 \text{ kg} \\ &= 11,492.12 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_1 \\ &= 0.143 \text{ m} \cdot 20938.60 \text{ kg} \\ &= 2,993.71 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Tabel 4. 13. Gaya Gempa Tiap Kolom Lantai 2

No.	As	b (m)	h (m)	A (m <sup>2</sup> )	Xo (m) X	Yo (m) Y	Fi (kg)	Mx (kgm)	My (kgm)	Fx (kg)	Fy (kg)
1	A7	0.55	0.55	0.3025	0	0	20938.6	11492.12	2993.707	756.64	781.58
2	B7	0.55	0.55	0.3025	7.2	0				762.93	781.58
3	C7	0.55	0.55	0.3025	14.4	0				769.22	781.58
4	C'7	0.4	0.4	0.16	18	0				764.96	781.58
5	D7	0.55	0.55	0.3025	21.6	0				775.52	781.58
6	E7	0.55	0.55	0.3025	25.2	0				778.67	781.58
7	F7	0.55	0.55	0.3025	32.4	0				784.96	781.58
8	A6	0.55	0.55	0.3025	0	7.2				756.64	787.48
9	B6	0.55	0.55	0.3025	7.2	7.2				762.93	787.48
10	C6	0.55	0.55	0.3025	14.4	7.2				769.22	787.48
11	C'6	0.4	0.4	0.16	18	7.2				764.96	784.70
12	D6	0.55	0.55	0.3025	21.6	7.2				775.52	787.48
13	E6	0.55	0.55	0.3025	25.2	7.2				778.67	787.48
14	F6	0.55	0.55	0.3025	32.4	7.2				784.96	787.48
15	A5	0.55	0.55	0.3025	0	10.8				756.64	790.43
16	B5	0.55	0.55	0.3025	7.2	10.8				762.93	790.43
17	C5	0.55	0.55	0.3025	14.4	10.8				769.22	790.43
18	D5	0.55	0.55	0.3025	21.6	10.8				775.52	790.43
19	E5	0.55	0.55	0.3025	25.2	10.8				778.67	790.43
20	F5	0.55	0.55	0.3025	32.4	10.8				784.96	790.43
21	A3	0.55	0.55	0.3025	0	18				756.64	796.32
22	B3	0.55	0.55	0.3025	7.2	18				762.93	796.32
23	C3	0.55	0.55	0.3025	14.4	18				769.22	796.32
24	D3	0.55	0.55	0.3025	21.6	18				775.52	796.32
25	E3	0.55	0.55	0.3025	25.2	18				778.67	796.32
26	F3	0.55	0.55	0.3025	32.4	18				784.96	796.32

- **Lantai 3**

- $M_x = \text{Eksentrisitas } x \cdot F_1$   
 $= 0.496 \text{ m} \cdot 35895.91 \text{ kg}$   
 $= 17787.33 \text{ kgm}$
- $M_y = \text{Eksentrisitas } y \cdot F_1$   
 $= 0.121 \text{ m} \cdot 35895.91 \text{ kg}$   
 $= 4337.97 \text{ kgm}$

Tabel 4. 14. Gaya Gempa Tiap Kolom Lantai 3

No.	As	b (m)	h (m)	A (m <sup>2</sup> )	Xo (m) X	Yo (m) Y	Fi (kg)	Mx (kgm)	My (kgm)	Fx (kg)	Fy (kg)
1	A7	0.55	0.55	0.3025	0	0	35895.92	17787.34	4337.97	1305.24	1346.20
2	B7	0.55	0.55	0.3025	7.2	0				1314.99	1346.20
3	C7	0.55	0.55	0.3025	14.4	0				1324.73	1346.20
4	C'7	0.4	0.4	0.16	18	0				1318.13	1346.20
5	D7	0.55	0.55	0.3025	21.6	0				1334.47	1346.20
6	E7	0.55	0.55	0.3025	25.2	0				1339.34	1346.20
7	F7	0.55	0.55	0.3025	32.4	0				1349.08	1346.20
8	A6	0.55	0.55	0.3025	0	7.2				1305.24	1354.75
9	B6	0.55	0.55	0.3025	7.2	7.2				1314.99	1354.75
10	C6	0.55	0.55	0.3025	14.4	7.2				1324.73	1354.75
11	C'6	0.4	0.4	0.16	18	7.2				1318.13	1350.72
12	D6	0.55	0.55	0.3025	21.6	7.2				1334.47	1354.75
13	E6	0.55	0.55	0.3025	25.2	7.2				1339.34	1354.75
14	F6	0.55	0.55	0.3025	32.4	7.2				1349.08	1354.75
15	A5	0.55	0.55	0.3025	0	10.8				1305.24	1359.02
16	B5	0.55	0.55	0.3025	7.2	10.8				1314.99	1359.02
17	C5	0.55	0.55	0.3025	14.4	10.8				1324.73	1359.02
18	D5	0.55	0.55	0.3025	21.6	10.8				1334.47	1359.02
19	E5	0.55	0.55	0.3025	25.2	10.8				1339.34	1359.02
20	F5	0.55	0.55	0.3025	32.4	10.8				1349.08	1359.02
21	A3	0.55	0.55	0.3025	0	18				1305.24	1367.56
22	B3	0.55	0.55	0.3025	7.2	18				1314.99	1367.56
23	C3	0.55	0.55	0.3025	14.4	18				1324.73	1367.56
24	D3	0.55	0.55	0.3025	21.6	18				1334.47	1367.56
25	E3	0.55	0.55	0.3025	25.2	18				1339.34	1367.56
26	F3	0.55	0.55	0.3025	32.4	18				1349.08	1367.56

- **Lantai 4**

- $M_x = \text{Eksentrisitas } x \cdot F_1$   
 $= 0.426 \text{ m} \cdot 54667.41 \text{ kg}$   
 $= 23313.92 \text{ kgm}$
- $M_y = \text{Eksentrisitas } y \cdot F_1$   
 $= 0.352 \text{ m} \cdot 54667.41 \text{ kg}$   
 $= 19246 \text{ kgm}$

Tabel 4. 15. Gaya Gempa Tiap Kolom Lantai 4

No.	As	b (m)	h (m)	A (m <sup>2</sup> )	Xo (m) X	Yo (m) Y	Fi (kg)	Mx (kgm)	My (kgm)	Fx (kg)	Fy (kg)
1	A7	0.55	0.55	0.3025	0	0	54667.41	23313.92	19246	2003.808	1947.926
2	B7	0.55	0.55	0.3025	7.2	0				2016.576	1947.926
3	C7	0.55	0.55	0.3025	14.4	0				2029.345	1947.926
4	C'7	0.4	0.4	0.16	18	0				2020.692	1947.926
5	D7	0.55	0.55	0.3025	21.6	0				2042.113	1947.926
6	E7	0.55	0.55	0.3025	25.2	0				2048.497	1947.926
7	F7	0.55	0.55	0.3025	32.4	0				2061.265	1947.926
8	A6	0.55	0.55	0.3025	0	7.2				2003.808	2074.875
9	B6	0.55	0.55	0.3025	7.2	7.2				2016.576	2074.875
10	C6	0.55	0.55	0.3025	14.4	7.2				2029.345	2074.875
11	C'6	0.4	0.4	0.16	18	7.2				2020.692	2074.875
12	D6	0.55	0.55	0.3025	21.6	7.2				2042.113	2074.875
13	E6	0.55	0.55	0.3025	25.2	7.2				2048.497	2074.875
14	F6	0.55	0.55	0.3025	32.4	7.2				2061.265	2074.875
15	A5	0.55	0.55	0.3025	0	10.8				2003.808	2138.35
16	B5	0.55	0.55	0.3025	7.2	10.8				2016.576	2138.35
17	C5	0.55	0.55	0.3025	14.4	10.8				2029.345	2138.35
18	D5	0.55	0.55	0.3025	21.6	10.8				2042.113	2138.35
19	E5	0.55	0.55	0.3025	25.2	10.8				2048.497	2138.35
20	F5	0.55	0.55	0.3025	32.4	10.8				2061.265	2138.35
21	A3	0.55	0.55	0.3025	0	18				2003.808	2265.299
22	B3	0.55	0.55	0.3025	7.2	18				2016.576	2265.299
23	C3	0.55	0.55	0.3025	14.4	18				2029.345	2265.299
24	D3	0.55	0.55	0.3025	21.6	18				2042.113	2265.299
25	E3	0.55	0.55	0.3025	25.2	18				2048.497	2265.299
26	F3	0.55	0.55	0.3025	32.4	18				2061.265	2265.299

**Lantai Atap**

- $M_x = \text{Eksentrisitas } x \cdot F_1$   
 $= 0.056 \text{ m} \cdot 59843.62 \text{ kg}$   
 $= 3330.44 \text{ kgm}$
- $M_y = \text{Eksentrisitas } y \cdot F_1$   
 $= 0.528 \text{ m} \cdot 59843.62 \text{ kg}$   
 $= 31590.60 \text{ kgm}$

Tabel 4. 16. Gaya Gempa Tiap Kolom Lantai Atap

No.	As	b (m)	h (m)	A (m <sup>2</sup> )	Xo (m) X	Yo (m) Y	Fi (kg)	Mx (kgm)	My (kgm)	Fx (kg)	Fy (kg)
1	A7	0.55	0.55	0.3025	0	0	59843.63	3330.446	31590.6	2287.566	2047.805
2	B7	0.55	0.55	0.3025	7.2	0				2289.39	2047.805
3	C7	0.55	0.55	0.3025	14.4	0				2291.214	2047.805
4	D7	0.55	0.55	0.3025	18	0				2289.978	2047.805
5	E7	0.55	0.55	0.3025	21.6	0				2293.038	2047.805
6	F7	0.55	0.55	0.3025	25.2	0				2293.95	2047.805
7	A6	0.55	0.55	0.3025	32.4	0				2295.774	2047.805
8	B6	0.55	0.55	0.3025	0	7.2				2287.566	2256.182
9	F6	0.55	0.55	0.3025	7.2	7.2				2289.39	2256.182
10	A5	0.55	0.55	0.3025	14.4	7.2				2291.214	2256.182
11	F5	0.55	0.55	0.3025	18	7.2				2289.978	2256.182
12	A3	0.55	0.55	0.3025	21.6	7.2				2293.038	2256.182
13	B3	0.55	0.55	0.3025	25.2	7.2				2293.95	2256.182
14	C3	0.55	0.55	0.3025	32.4	7.2				2295.774	2256.182
15	D3	0.55	0.55	0.3025	0	10.8				2287.566	2360.37
16	E3	0.55	0.55	0.3025	7.2	10.8				2289.39	2360.37
17	F3	0.55	0.55	0.3025	14.4	10.8				2291.214	2360.37
18	D5	0.55	0.55	0.3025	21.6	10.8				2293.038	2360.37
19	E5	0.55	0.55	0.3025	25.2	10.8				2293.95	2360.37
20	F5	0.55	0.55	0.3025	32.4	10.8				2295.774	2360.37
21	A3	0.55	0.55	0.3025	0	18				2287.566	2568.746
22	B3	0.55	0.55	0.3025	7.2	18				2289.39	2568.746
23	C3	0.55	0.55	0.3025	14.4	18				2291.214	2568.746
24	D3	0.55	0.55	0.3025	21.6	18				2293.038	2568.746
25	E3	0.55	0.55	0.3025	25.2	18				2293.95	2568.746
26	F3	0.55	0.55	0.3025	32.4	18				2295.774	2568.746

- Beban Gempa Tiap Kolom Bangunan 2

Tabel 4. 17. Eksentrisitas Bangunan 2

EKSENTRISITAS BANGUNAN 2						
LANTAI	PUSAT MASSA		PUSAT KEKAKUAN		EKSENTRISITAS	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
1	8.636153	25.23927	9.067527	27.75312	0.4314	2.5139
2	8.847085	26.11887	9.067527	27.75312	0.2204	1.6342
3	8.847085	26.11887	9.067527	27.75312	0.2204	1.6342
4	8.847085	26.11887	9.067527	27.75312	0.2204	1.6342
ATAP	8.937815	26.9325	9.067527	27.75312	0.1297	0.8206

- **Lantai 1 (Dasar)**

$$Fix = 0$$

$$Fiy = 0$$

- **Lantai 2**

$$\begin{aligned}
 Mx &= \text{Eksentrisitas} \times F_1 \\
 &= 0.22 \text{ m} \cdot 30241.13 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 6666.40 \text{ kgm} \\
 \cdot \quad My &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_1 \\
 &= 1.63 \text{ m} \cdot 30241.13 \text{ kg} \\
 &= 49421.49 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 18. Gaya Gempa Tiap Kolom Lantai 2

No.	As	b (m)	h (m)	A (m <sup>2</sup> )	Xo (m) X	Yo (m) Y	Fi (kg)	Mx (kgm)	My (kgm)	Fx (kg)	Fy (kg)
1	G11	0.55	0.55	0.3025	0	0	30241.14	6666.405	49421.49	802.10	746.29
2	H11	0.55	0.55	0.3025	7.2	0				811.31	746.29
3	H'11	0.55	0.55	0.3025	10.8	0				815.92	746.29
4	G10	0.4	0.4	0.16	0	7.2				802.10	753.74
5	H10	0.55	0.55	0.3025	7.2	7.2				811.31	753.74
6	H'10	0.55	0.55	0.3025	10.8	7.2				815.92	753.74
7	K10	0.55	0.55	0.3025	18	7.2				825.13	753.74
8	G9	0.55	0.55	0.3025	0	14.4				802.10	761.19
9	H9	0.55	0.55	0.3025	7.2	14.4				811.31	761.19
10	H'9	0.55	0.55	0.3025	10.8	14.4				815.92	761.19
11	K9	0.55	0.55	0.3025	18	14.4				825.13	761.19
12	G8	0.55	0.55	0.3025	0	21.6				802.10	768.64
13	H8	0.55	0.55	0.3025	7.2	21.6				811.31	768.64
14	H'8	0.55	0.55	0.3025	10.8	21.6				815.92	768.64
15	K8	0.55	0.55	0.3025	18	21.6				825.13	768.64
16	G7	0.55	0.55	0.3025	0	28.8				802.10	776.09
17	H7	0.55	0.55	0.3025	7.2	28.8				811.31	776.09
18	H'7	0.55	0.55	0.3025	10.8	28.8				815.92	776.09
19	K7	0.55	0.55	0.3025	18	28.8				825.13	776.09
20	G6'	0.4	0.4	0.16	0	32.4				802.10	764.02
21	H6'	0.55	0.55	0.3025	7.2	32.4				806.97	764.02
22	G6	0.55	0.55	0.3025	0	36				802.10	783.53
23	H6	0.55	0.55	0.3025	7.2	36				811.31	783.53
24	H'6	0.55	0.55	0.3025	10.8	36				815.92	783.53
25	K6	0.55	0.55	0.3025	18	36				825.13	783.53
26	G5	0.55	0.55	0.3025	0	39.6				802.10	787.26
27	H5	0.55	0.55	0.3025	7.2	39.6				811.31	787.26
28	H'5	0.55	0.55	0.3025	10.8	39.6				815.92	787.26
29	J5	0.4	0.4	0.16	14.4	39.6				811.84	767.96
30	K5	0.55	0.55	0.3025	18	39.6				825.13	787.26
31	H4	0.55	0.55	0.3025	7.2	43.2				811.31	790.98
32	J4	0.55	0.55	0.3025	14.4	43.2				820.52	790.98
33	H2	0.55	0.55	0.3025	7.2	50.4				811.31	798.43
34	J2	0.55	0.55	0.3025	14.4	50.4				820.52	798.43
35	H1	0.55	0.55	0.3025	7.2	57.6				811.31	805.88
36	J1	0.55	0.55	0.3025	14.4	57.6				820.52	805.88

### - Lantai 3

$$\begin{aligned}
 \cdot \quad Mx &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_1 \\
 &= 0.22 \text{ m} \cdot 56921.82 \text{ kg} \\
 &= 12547.93 \text{ kgm} \\
 \cdot \quad My &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_1
 \end{aligned}$$



$$= 1.63 \text{ m} \cdot 56921.82 \text{ kg}$$

$$= 93024.33 \text{ kgm}$$

Tabel 4. 19. Gaya Gempa Tiap Kolom Lantai 3

No.	As	b (m)	h (m)	A (m <sup>2</sup> )	Xo (m)	Yo (m)	Fi (kg)	Mx (kgm)	My (kgm)	Fx (kg)	Fy (kg)
1	G11	0.55	0.55	0.3025	0	0	56921.83	12547.94	93024.33	1509.77	1404.72
2	H11	0.55	0.55	0.3025	7.2	0				1527.10	1404.72
3	H'11	0.55	0.55	0.3025	10.8	0				1535.77	1404.72
4	G10	0.4	0.4	0.16	0	7.2				1509.77	1418.74
5	H10	0.55	0.55	0.3025	7.2	7.2				1527.10	1418.74
6	H'10	0.55	0.55	0.3025	10.8	7.2				1535.77	1418.74
7	K10	0.55	0.55	0.3025	18	7.2				1553.11	1418.74
8	G9	0.55	0.55	0.3025	0	14.4				1509.77	1432.76
9	H9	0.55	0.55	0.3025	7.2	14.4				1527.10	1432.76
10	H'9	0.55	0.55	0.3025	10.8	14.4				1535.77	1432.76
11	K9	0.55	0.55	0.3025	18	14.4				1553.11	1432.76
12	G8	0.55	0.55	0.3025	0	21.6				1509.77	1446.78
13	H8	0.55	0.55	0.3025	7.2	21.6				1527.10	1446.78
14	H'8	0.55	0.55	0.3025	10.8	21.6				1535.77	1446.78
15	K8	0.55	0.55	0.3025	18	21.6				1553.11	1446.78
16	G7	0.55	0.55	0.3025	0	28.8				1509.77	1460.80
17	H7	0.55	0.55	0.3025	7.2	28.8				1527.10	1460.80
18	H'7	0.55	0.55	0.3025	10.8	28.8				1535.77	1460.80
19	K7	0.55	0.55	0.3025	18	28.8				1553.11	1460.80
20	G6'	0.4	0.4	0.16	0	32.4				1509.77	1438.09
21	H6'	0.55	0.55	0.3025	7.2	32.4				1518.94	1438.09
22	G6	0.55	0.55	0.3025	0	36				1509.77	1474.82
23	H6	0.55	0.55	0.3025	7.2	36				1527.10	1474.82
24	H'6	0.55	0.55	0.3025	10.8	36				1535.77	1474.82
25	K6	0.55	0.55	0.3025	18	36				1553.11	1474.82
26	G5	0.55	0.55	0.3025	0	39.6				1509.77	1481.83
27	H5	0.55	0.55	0.3025	7.2	39.6				1527.10	1481.83
28	H'5	0.55	0.55	0.3025	10.8	39.6				1535.77	1481.83
29	J5	0.4	0.4	0.16	14.4	39.6				1528.11	1445.50
30	K5	0.55	0.55	0.3025	18	39.6				1553.11	1481.83
31	H4	0.55	0.55	0.3025	7.2	43.2				1527.10	1488.84
32	J4	0.55	0.55	0.3025	14.4	43.2				1544.44	1488.84
33	H2	0.55	0.55	0.3025	7.2	50.4				1527.10	1502.86
34	J2	0.55	0.55	0.3025	14.4	50.4				1544.44	1502.86
35	H1	0.55	0.55	0.3025	7.2	57.6				1527.10	1516.88
36	J1	0.55	0.55	0.3025	14.4	57.6				1544.44	1516.88

- **Lantai 4**

- $M_x = \text{Eksentrisitas } x \cdot F_1$   
 $= 0.22 \text{ m} \cdot 84325.77 \text{ kg}$   
 $= 18588.90 \text{ kgm}$
- $M_y = \text{Eksentrisitas } y \cdot F_1$   
 $= 1.63 \text{ m} \cdot 84325.77 \text{ kg}$   
 $= 137809.16 \text{ kgm}$

Tabel 4. 20. Gaya Gempa Tiap Kolom Lantai 4

No.	As	b (m)	h (m)	A (m <sup>2</sup> )	Xo (m) X	Yo (m) Y	Fi (kg)	Mx (kgm)	My (kgm)	Fx (kg)	Fy (kg)
1	G11	0.55	0.55	0.25	0	0	84325.78	18588.91	137809.2	2237.46	2084.00
2	H11	0.55	0.55	0.25	7.2	0				2262.66	2084.00
3	H'11	0.55	0.55	0.25	10.8	0				2275.26	2084.00
4	G10	0.4	0.4	0.09	0	7.2				2237.46	2094.72
5	H10	0.55	0.55	0.25	7.2	7.2				2262.66	2104.28
6	H'10	0.55	0.55	0.25	10.8	7.2				2275.26	2104.28
7	K10	0.55	0.55	0.25	18	7.2				2300.47	2104.28
8	G9	0.55	0.55	0.25	0	14.4				2237.46	2124.55
9	H9	0.55	0.55	0.25	7.2	14.4				2262.66	2124.55
10	H'9	0.55	0.55	0.25	10.8	14.4				2275.26	2124.55
11	K9	0.55	0.55	0.25	18	14.4				2300.47	2124.55
12	G8	0.55	0.55	0.25	0	21.6				2237.46	2144.83
13	H8	0.55	0.55	0.25	7.2	21.6				2262.66	2144.83
14	H'8	0.55	0.55	0.25	10.8	21.6				2275.26	2144.83
15	K8	0.55	0.55	0.25	18	21.6				2300.47	2144.83
16	G7	0.55	0.55	0.25	0	28.8				2237.46	2165.11
17	H7	0.55	0.55	0.25	7.2	28.8				2262.66	2165.11
18	H'7	0.55	0.55	0.25	10.8	28.8				2275.26	2165.11
19	K7	0.55	0.55	0.25	18	28.8				2300.47	2165.11
20	G6'	0.4	0.4	0.09	0	32.4				2237.46	2132.26
21	H6'	0.55	0.55	0.25	7.2	32.4				2262.66	2175.25
22	G6	0.55	0.55	0.25	0	36				2237.46	2185.39
23	H6	0.55	0.55	0.25	7.2	36				2262.66	2185.39
24	H'6	0.55	0.55	0.25	10.8	36				2275.26	2185.39
25	K6	0.55	0.55	0.25	18	36				2300.47	2185.39
26	G5	0.55	0.55	0.25	0	39.6				2237.46	2195.52
27	H5	0.55	0.55	0.25	7.2	39.6				2262.66	2195.52
28	H'5	0.55	0.55	0.25	10.8	39.6				2275.26	2195.52
29	J5	0.4	0.4	0.09	14.4	39.6				2264.12	2142.99
30	K5	0.55	0.55	0.25	18	39.6				2300.47	2195.52
31	H4	0.55	0.55	0.25	7.2	43.2				2262.66	2205.66
32	J4	0.55	0.55	0.25	14.4	43.2				2287.86	2205.66
33	H2	0.55	0.55	0.25	7.2	50.4				2262.66	2225.94
34	J2	0.55	0.55	0.25	14.4	50.4				2287.86	2225.94
35	H1	0.55	0.55	0.25	7.2	57.6				2262.66	2246.22
36	J1	0.55	0.55	0.25	14.4	57.6				2287.86	2246.22

- **Lantai Atap**

- $M_x = \text{Eksentrisitas } x \cdot F_1$   
 $= 0.129 \text{ m} \cdot 67497.20 \text{ kg}$   
 $= 8755.19 \text{ kgm}$
- $M_y = \text{Eksentrisitas } y \cdot F_1$   
 $= 0.8206 \text{ m} \cdot 67497.20 \text{ kg}$   
 $= 55389.73 \text{ kgm}$

Tabel 4. 21. Gaya Gempa Tiap Kolom Lantai Atap

No.	As	b (m)	h (m)	A (m <sup>2</sup> )	Xo (m) X	Yo (m) Y	Fi (kg)	Mx (kgm)	My (kgm)	Fx (kg)	Fy (kg)
1	G11	0.55	0.55	0.25	0	0	67497.2	8755.193	55389.74	1825.51	1771.07
2	H11	0.55	0.55	0.25	7.2	0				1837.37	1771.07
3	H'11	0.55	0.55	0.25	10.8	0				1843.31	1771.07
4	G10	0.4	0.4	0.09	0	7.2				1825.51	1775.38
5	H10	0.55	0.55	0.25	7.2	7.2				1837.37	1779.22
6	H'10	0.55	0.55	0.25	10.8	7.2				1843.31	1779.22
7	K10	0.55	0.55	0.25	18	7.2				1855.18	1779.22
8	G9	0.55	0.55	0.25	0	14.4				1825.51	1787.37
9	H9	0.55	0.55	0.25	7.2	14.4				1837.37	1787.37
10	H'9	0.55	0.55	0.25	10.8	14.4				1843.31	1787.37
11	K9	0.55	0.55	0.25	18	14.4				1855.18	1787.37
12	G8	0.55	0.55	0.25	0	21.6				1825.51	1795.52
13	H8	0.55	0.55	0.25	7.2	21.6				1837.37	1795.52
14	H'8	0.55	0.55	0.25	10.8	21.6				1843.31	1795.52
15	K8	0.55	0.55	0.25	18	21.6				1855.18	1795.52
16	G7	0.55	0.55	0.25	0	28.8				1825.51	1803.67
17	H7	0.55	0.55	0.25	7.2	28.8				1837.37	1803.67
18	H'7	0.55	0.55	0.25	10.8	28.8				1843.31	1803.67
19	K7	0.55	0.55	0.25	18	28.8				1855.18	1803.67
20	G6'	0.4	0.4	0.09	0	32.4				1825.51	1790.47
21	H6'	0.55	0.55	0.25	7.2	32.4				1837.37	1807.75
22	G6	0.55	0.55	0.25	0	36				1825.51	1811.82
23	H6	0.55	0.55	0.25	7.2	36				1837.37	1811.82
24	H'6	0.55	0.55	0.25	10.8	36				1843.31	1811.82
25	K6	0.55	0.55	0.25	18	36				1855.18	1811.82
26	G5	0.55	0.55	0.25	0	39.6				1825.51	1815.90
27	H5	0.55	0.55	0.25	7.2	39.6				1837.37	1815.90
28	H'5	0.55	0.55	0.25	10.8	39.6				1843.31	1815.90
29	J5	0.4	0.4	0.09	14.4	39.6				1838.06	1794.78
30	K5	0.55	0.55	0.25	18	39.6				1855.18	1815.90
31	H4	0.55	0.55	0.25	7.2	43.2				1837.37	1819.97
32	J4	0.55	0.55	0.25	14.4	43.2				1849.24	1819.97
33	H2	0.55	0.55	0.25	7.2	50.4				1837.37	1828.12
34	J2	0.55	0.55	0.25	14.4	50.4				1849.24	1828.12
35	H1	0.55	0.55	0.25	7.2	57.6				1837.37	1836.27
36	J1	0.55	0.55	0.25	14.4	57.6				1849.24	1836.27

## 4.2.2. Penulangan Struktur

### 4.2.2.1. Pelat Lantai

Pada analisa perhitungan plat yang ditinjau adalah pada plat lantai 2 dengan ukuran 3,6x3,6 m dengan fungsi ruang sebagai Aula.

1.) Beban mati plat yang ditinjau :

Berat pelat (12 cm)

$$= 288 \text{ kg/m}^2$$

Berat spesi (2 cm)

$$= 37 \text{ kg/m}^2$$

Berat keramik 40/40	= 16,8 kg/m <sup>2</sup>
Berat plafond gypsum dan rangka	= 6,5 kg/m <sup>2</sup>
Plumbing	= 25 kg/m <sup>2</sup>
Mekanikal Elektrikal	= 19 kg/m <sup>2</sup>
Total beban mati pelat (q DL)	= 392,3 kg/m <sup>2</sup>

- 2.) Beban hidup yang ditinjau :  
 Beban Hidup Lantai = 479 kg/m<sup>2</sup>

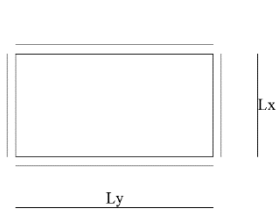
- 3.) Beban ultimate rencana  
 $q_{ultimate} = 1,2 q_{D total} + 1,6 q_L$   
 $= (1,2 \cdot 392,30 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \cdot 479 \text{ kg/m}^2)$   
 $= 1237,16 \text{ kg/m}^2$

- 4) Perhitungan Tulangan Pelat Lantai

Data Perencanaan:

Tipe Pelat	= P1
$L_x$	= 3,6 m
$L_y$	= 3,6 m
$f_c'$	= 25 Mpa
$f_y$	= 240 Mpa
$\beta_1$	= 0,85 ( <i>SNI 2847, pasal 10.2.7.3</i> )
$b$	= 1000 mm = 1 m
$h$	= 120 mm = 0,12 m
$\rho_{susut}$	= 0,0018 ( <i>SNI 2847, Pasal 7.12.2.1</i> )
$d_x$	= 94 mm = 0,094 m
$d_y$	= 87 mm = 0,087 m
$\phi_{tul. lentur}$	= 8 mm = 0,008 m
$\phi_{tul. susut}$	= 8 mm = 0,008 m
<i>decking</i>	= 20 mm = 0,02 m

Asumsi jenis pelat : terjepit elastis



$$\frac{L_y}{L_x} < 2$$

$$\frac{3,6 \text{ m}}{3,6 \text{ m}} < 2$$

$$1 < 2$$

sehingga termasuk  
dalam pelat 2 arah

(SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3)

### Momen- momen pada pelat:

$$M_{Lapangan \ X} = 0,001 \times q_{lx}^2 \times X$$

$$= 0,001 \times (1237,16 \text{ kg/m}^2)^2 \times 36$$

$$= 507,31 \text{ kgm}$$

$$M_{Tumpuan \ X} = -0,001 \times q_{lx}^2 \times X$$

$$= -0,001 \times (1237,16 \text{ kg/m}^2)^2 \times 36$$

$$= -507,31 \text{ kgm}$$

$$M_{Tumpuan \ Y} = -0,001 \times q_{ly}^2 \times X$$

$$= 0,001 \times (1237,16 \text{ kg/m}^2)^2 \times 36$$

$$= -507,31 \text{ kgm}$$

$$M_{Lapangan \ Y} = 0,001 \times q_{ly}^2 \times X$$

$$= 0,001 \times (1237,16 \text{ kg/m}^2)^2 \times 36$$

$$= 507,31 \text{ gm}$$

(PBBI 1971 Tabel 13.3.1)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 11,29$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240 \text{ N/mm}^2} = 0,0058$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2}{240 \text{ N/mm}^2} = 0,054$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,054 = 0,0403$$

**Penulangan pada pelat**

## 1.) Arah X

## a. Tumpuan X

$$M_u = -507,31 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{507,31 \text{ kgm}}{0,9} = 5636810,25 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd_x^2} = \frac{5636810,25 \text{ Nmm}}{1000\text{mm} \times (96\text{mm})^2} = 0,611 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times 11,29 \times \left( 0,611 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\ &= 0,00259 \end{aligned}$$

**Cek persyaratan:**

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0058 > 0,00259 < 0,0403 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Karena  $\rho_{min} > \rho$ , maka  $\rho = \text{ditambah } 30\% \text{ dari } \rho$

$$\text{Sehingga } \rho = 1,3 \times \rho$$

$$\rho = 1,3 \times 0,00259$$

$$\rho = 0,00336 < \rho_{min}$$

Maka dipakai  $\rho_{min}$

$$As_{perlu} = \rho \times b \times d$$

$$As_{perlu} = 0,00336 \times 100 \text{ mm}^2 \times 96 \text{ mm}^2$$

$$As_{perlu} = 322,76 \text{ mm}^2$$

**Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$S_{max} \leq 2h$$

$$\leq 2 \times 120\text{mm}$$

$$\leq 240\text{mm}$$

Dipakai tulangan  $\phi 8-100$ , sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{A_{s \text{ perlu}}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \pi (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{322,76 \text{ mm}^2} \\
 &= 155,74 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Karena  $S < S_{\max}$  maka digunakan  $S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$   
 Dengan  $A_{s \text{ perlu}} = 322,76 \text{ mm}^2$ , dipakai tulangan  $\emptyset 12$ .  
 Sehingga tulangan pakai =  $\emptyset 12 - 200$  dengan  $A_{s \text{ pakai}} = 502,65 \text{ mm}^2$ .

$$\begin{aligned}
 &A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ pakai}} \\
 &322,76 \text{ mm}^2 < 502,65 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

b. Lapangan X

$$\begin{aligned}
 M_u &= -507,31 \text{ kgm} \\
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{507,31 \text{ kgm}}{0,9} \\
 &= 5636810,25 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{bdx^2} = \frac{5636810,25 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (96 \text{ mm})^2} = 0,611 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\
 &= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times 11,29 \times \left( 0,611 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\
 &= 0,00259
 \end{aligned}$$

**Cek persyaratan:**

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 > 0,00259 < 0,0403 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Karena  $\rho_{\min} > \rho$ , maka  $\rho = \text{ditambah } 30\% \text{ dari } \rho$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga } \rho &= 1,3 \times \rho \\ \rho &= 1,3 \times 0,00259 \\ \rho &= 0,00336 < \rho_{min}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka dipakai } \rho_{min} \\ A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d \\ A_{s \text{ perlu}} &= 0,00336 \times 100 \text{ mm}^2 \times 96 \text{ mm}^2 \\ A_{s \text{ perlu}} &= 322,76 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

**Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$\begin{aligned}S_{max} &\leq 2h \\ &\leq 2 \times 120 \text{ mm} \\ &\leq 240 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dipakai tulangan  $\emptyset 8-100$ , sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}S &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s \text{ perlu}}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{322,76 \text{ mm}^2} \\ &= 155,74 \text{ mm}\end{aligned}$$

Karena  $S < S_{max}$  maka digunakan  $S_{pakai} = 100 \text{ mm}$

Dengan  $A_{s \text{ perlu}} = 322,76 \text{ mm}^2$ , dipakai tulangan  $\emptyset 12$ .  
Sehingga tulangan pakai =  $\emptyset 12 - 200$  dengan  $A_{s \text{ pakai}} = 502,65 \text{ mm}^2$ .

$$\begin{aligned}A_{s \text{ perlu}} &< A_{s \text{ pakai}} \\ 322,76 \text{ mm}^2 &< 502,65 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

2.) Arah Y

a. Tumpuan Y

$$\begin{aligned}M_u &= -507,31 \text{ kgm} \\ M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{507,31 \text{ kgm}}{0,9} \\ &= 5636810,25 \text{ Nmm}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{bdx^2} = \frac{5636810,25 \text{ Nmm}}{1000\text{mm} \times (96\text{mm})^2} = 0,611 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\
 &= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times 11,29 \times \left( 0,611 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\
 &= 0,00259
 \end{aligned}$$

**Cek persyaratan:**

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0058 > 0,00259 < 0,0403 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Karena  $\rho_{min} > \rho$ , maka  $\rho = \text{ditambah } 30\% \text{ dari } \rho$

$$\text{Sehingga } \rho = 1,3 \times \rho$$

$$\rho = 1,3 \times 0,00259$$

$$\rho = 0,00336 < \rho_{min}$$

Maka dipakai  $\rho_{min}$

$$As_{perlu} = \rho \times b \times d$$

$$As_{perlu} = 0,00336 \times 100 \text{ mm}^2 \times 96 \text{ mm}^2$$

$$As_{perlu} = 322,76 \text{ mm}^2$$

**Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$S_{max} \leq 2h$$

$$\leq 2 \times 120\text{mm}$$

$$\leq 240\text{mm}$$

Dipakai tulangan  $\phi 8-100$ , sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{As_{perlu}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{322,76 \text{ mm}^2} \\
 &= 155,74 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Karena  $S < S_{max}$  maka digunakan  $S_{pakai} = 100 \text{ mm}$

Dengan  $A_{s\text{ perlu}} = 322,76 \text{ mm}^2$ , dipakai tulangan  $\emptyset 12$ .  
 Sehingga tulangan pakai =  $\emptyset 12 - 200$  dengan  $A_{s\text{ pakai}} = 502,65 \text{ mm}^2$ .

$$A_{s\text{ perlu}} < A_{s\text{ pakai}} \\ 322,76 \text{ mm}^2 < 502,65 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

b. Lapangan Y

$$M_u = -507,31 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{507,31 \text{ kgm}}{0,9}$$

$$= 5636810,25 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bdx^2} = \frac{5636810,25 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (96 \text{ mm})^2} = 0,611 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times 11,29 \times \left( 0,611 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right)$$

$$= 0,00259$$

**Cek persyaratan:**

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 > 0,00259 < 0,0403 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Karena  $\rho_{\min} > \rho$ , maka  $\rho = \text{ditambah } 30\% \text{ dari } \rho$

Sehingga  $\rho = 1,3 \times \rho$

$$\rho = 1,3 \times 0,00259$$

$$\rho = 0,00336 < \rho_{\min}$$

Maka dipakai  $\rho_{\min}$

$$A_{s\text{ perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s\text{ perlu}} = 0,00336 \times 100 \text{ mm}^2 \times 96 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{ perlu}} = 322,76 \text{ mm}^2$$

**Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$\begin{aligned}
 S_{max} &\leq 2h \\
 &\leq 2 \times 120 \text{ mm} \\
 &\leq 240 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan  $\phi 8-100$ , sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s \text{ perlu}}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{322,76 \text{ mm}^2} \\
 &= 155,74 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Karena  $S < S_{max}$  maka digunakan  $S_{pakai} = 100 \text{ mm}$   
 Dengan  $A_{s \text{ perlu}} = 322,76 \text{ mm}^2$ , dipakai tulangan  $\phi 12$ .  
 Sehingga tulangan pakai =  $\phi 12 - 200$  dengan  $A_{s \text{ pakai}} = 502,65 \text{ mm}^2$ .

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &< A_{s \text{ pakai}} \\
 322,76 \text{ mm}^2 &< 502,65 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

### Tulangan Susut

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 240 dipakai  $\rho_{susut} = 0,0018$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ susut perlu}} &= \rho_{susut} \times h \times b \\
 &= 0,0018 \times 120 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\
 &= 216 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$S_{max} \leq 5h \text{ atau } S_{max} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{max} = 5 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

(SNI 2847 Pasal 7.12.2.2)

Dipakai tulangan  $\phi 8 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s \text{ susut}}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{216 \text{ mm}^2} \\
 &= 232,59 \text{ mm} \\
 S &= 232,59 \text{ mm} < S_{max} = 450 \text{ mm} \\
 &\rightarrow S_{pakai} = 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai  $\varnothing 8 - 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \pi (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\
 &= 251,2 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ susut}} = 216 \text{ mm}^2 \\
 &\quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

#### 4.2.2.2. Pelat Atap 1 Arah

Pada analisa perhitungan plat yang ditinjau adalah pada plat lantai 2 dengan ukuran 3,6x1 m dengan fungsi ruang sebagai plat lisplang.

1. Beban mati plat yang ditinjau :
 

Berat pelat (12 cm)	$= 288 \text{ kg/m}^2$
Waterproofing	$= \underline{7 \text{ kg/m}^2} +$
Total beban mati pelat (q DL)	$= 295 \text{ kg/m}^2$
  
2. Beban hidup yang ditinjau :
 

Beban Hidup Atap	$= 96 \text{ kg/m}^2$
Beban Air Hujan	$= \underline{20 \text{ kg/m}^2} +$
	$= 116 \text{ kg/m}^2$
  
3. Beban ultimate rencana
 

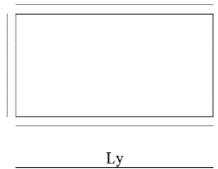
$q_{\text{ultimate}} = 1,2 q_{D \text{ total}} + 1,6 q_L$
$= (1,2 \cdot 295 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \cdot 116 \text{ kg/m}^2)$
$= 539,6 \text{ kg/m}^2$
  
4. Perhitungan Tulangan Pelat Lantai
 

Data Perencanaan:

Tipe Pelat	$= \text{P1}$
$L_x$	$= 3,6 \text{ m}$
$L_y$	$= 1 \text{ m}$
$f_c'$	$= 25 \text{ Mpa}$
$f_y$	$= 240 \text{ Mpa}$
$\beta_1$	$= 0,85 \text{ ( SNI 2847, pasal 10.2.7.3)}$
$b$	$= 1000 \text{ mm} \quad = 1 \text{ m}$

$h$	$= 120 \text{ mm}$	$= 0,12 \text{ m}$
$\rho_{susut}$	$= 0,0018$	<i>(SNI 2847, Pasal 7.12.2.1)</i>
$d_x$	$= 76 \text{ mm}$	$= 0,076 \text{ m}$
$\phi_{tul. \text{ lentur}}$	$= 8 \text{ mm}$	$= 0,012 \text{ m}$
$\phi_{tul. \text{ susut}}$	$= 8 \text{ mm}$	$= 0,008 \text{ m}$
$decking$	$= 20 \text{ mm}$	$= 0,02 \text{ m}$

Asumsi jenis pelat : terjepit elastis



$$\frac{L_y}{L_x} < 2$$

$$\frac{3,6 \text{ m}}{1 \text{ m}} > 2$$

$$3,6 > 2$$

sehingga termasuk  
dalam pelat 1 arah

*(SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3)*

#### Momen- momen pada pelat:

$$\begin{aligned} M_{Lapangan \text{ X}} &= 1/14 \times q_{lx}^2 \times X \\ &= 1/14 \times (539,6 \text{ kg/m}^2)^2 \times 0,775 \\ &= 23,15 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Tumpuan \text{ X kiri}} &= 1/24 \times q_{lx}^2 \times X \\ &= 1/24 \times (539,6 \text{ kg/m}^2)^2 \times 0,775 \\ &= 13,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Tumpuan \text{ X kanan}} &= 1/9 \times q_{lx}^2 \times X \\ &= 1/9 \times (539,6 \text{ kg/m}^2)^2 \times 0,775 \\ &= 36,01 \text{ kgm} \end{aligned}$$

*(PBBI 1971 Tabel 13.3.1)*

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 11,29$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240 \text{ N/mm}^2} = 0,0058$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2}{240 \text{ N/mm}^2} = 0,054$$

(SNI 2847:2013 B.8.42)

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,054 = 0,0403$$

### Penulangan pada pelat

#### 1. Arah X

a. Tumpuan X Kiri

$$M_u = 13,5 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{13,5 \text{ kgm}}{0,9}$$

$$= 1500045,02 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd_x^2} = \frac{1500045,02 \text{ Nmm}}{1000\text{mm} \times (76\text{mm})^2} = 0,025 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times 11,29 \times (0,025 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})}{240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\ &= 0,00011 \end{aligned}$$

#### Cek persyaratan:

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0058 > 0,00011 < 0,0403 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Karena  $\rho_{min} > \rho$ , maka  $\rho = \text{ditambah } 30\% \text{ dari } \rho$

Sehingga  $\rho = 1,3 \times \rho$

$$\rho = 1,3 \times 0,00011$$

$$\rho = 0,0001408 < \rho_{min}$$

Maka dipakai  $\rho_{min}$

$$As_{perlu} = \rho \times b \times d$$

$$As_{perlu} = 0,0001408 \times 100 \text{ mm}^2 \times 76 \text{ mm}$$

$$As_{perlu} = 10,701 \text{ mm}^2$$

#### Kontrol jarak spasi tulangan:

$$S_{max} \leq 2h$$

$$\leq 2 \times 120mm$$

$$\leq 240mm$$

Dipakai tulangan  $\emptyset 8-200$ , dengan  $A_s$  pakai  $251 \text{ mm}^2$

Karena  $S < S_{max}$  maka digunakan  $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

Dengan  $A_{s \text{ perlu}} = 10,701 \text{ mm}^2$ , dipakai tulangan  $\emptyset 8-200$

dengan  $A_{s \text{ pakai}} = 251 \text{ mm}^2$ .

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &< A_{s \text{ pakai}} \\ 10,701 \text{ mm}^2 &< 251 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

b. Lapangan X

$$M_u = 23,1 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{23,1 \text{ kgm}}{0,9}$$

$$= 257220,04 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bdx^2} = \frac{257220,04 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (76 \text{ mm})^2} = 0,044 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times 11,29 \times \left( 0,37 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right)$$

$$= 0,00019$$

**Cek persyaratan:**

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0058 > 0,00019 < 0,0484 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Karena  $\rho_{min} > \rho$ , maka  $\rho = \text{ditambah } 30\% \text{ dari } \rho$   
(SNI 2847:2013, pasal 10.5.3)

Sehingga  $\rho = 1,3 \times \rho$

$$\rho = 1,3 \times 0,00019$$

$$\rho = 0,00024 < \rho_{min}$$

Sehingga  $A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d$

$$= 0,00024 \times 1000 \text{ mm} \times 76 \text{ mm}$$

$$= 18,35 \text{ mm}^2$$

**Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$\begin{aligned}
 S_{max} &\leq 2h \\
 &\leq 2 \times 120\text{mm} \\
 &\leq 240\text{mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan  $\varnothing 8-200$ , dengan  $A_s$  pakai  $251 \text{ mm}^2$

Karena  $S < S_{max}$  maka digunakan  $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$   
 Sehingga, tulangan pakai =  $\varnothing 8 - 200$  dengan  $A_s$  pakai =  $251 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &< A_{s \text{ ada}} \\
 18,35 \text{ mm}^2 &< 251 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

c. Tumpuan X kanan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 36 \text{ kgm} \\
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{36 \text{ kgm}}{0,9} \\
 &= 400120,0617 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{bd_x^2} = \frac{400120,0617 \text{ Nmm}}{1000\text{mm} \times (76\text{mm})^2} = 0,069 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\
 &= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times 11,29 \times \left( 0,069 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\
 &= 0,00029
 \end{aligned}$$

**Cek persyaratan:**

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &< \rho < \rho_{max} \\
 0,0058 &> 0,00029 < 0,0403 \quad (\text{Tidak memenuhi}) \\
 \text{Karena } \rho_{min} &> \rho, \text{ maka } \rho = \text{ditambah 30\% dari } \rho
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga } \rho &= 1,3 \times \rho \\
 \rho &= 1,3 \times 0,00029 \\
 \rho &= 0,000375 < \rho_{min}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai  $\rho_{min}$



$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,000375 \times 100 \text{ mm}^2 \times 76 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} = 28,564 \text{ mm}^2$$

**Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$\leq 2 \times 120 \text{ mm}$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan  $\emptyset 8-200$ , dengan  $A_s$  pakai  $251 \text{ mm}^2$

Karena  $S < S_{\max}$  maka digunakan  $S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$

Sehingga tulangan pakai =  $\emptyset 8 - 200$ . Dengan  $A_{s \text{ pakai}} = 251 \text{ mm}^2$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ ada}$$

$$28,564 \text{ mm}^2 < 251 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

### **Tulangan Susut**

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 240 dipakai  $\rho_{\text{susut}} = 0,0018$

$$A_s \text{ susut perlu} = \rho_{\text{susut}} \times h \times b$$

$$= 0,0018 \times 120 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm}$$

$$= 216 \text{ mm}^2$$

(SNI 2847 Pasal 7.12.2.2)

$$S_{\max} \leq 5h \text{ atau } S_{\max} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 5 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan  $\emptyset 8$

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ susut}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{216 \text{ mm}^2} \\ &= 232,59 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= 232,59 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm} \\ &\rightarrow S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai  $\emptyset 8 - 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \pi (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\
 &= 251,2 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ susut}} = 216 \text{ mm}^2 \\
 &\quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

#### 4.2.2.3. Pelat Atap 2 Arah

Pada analisa perhitungan plat yang ditinjau adalah pada pelat atap dengan ukuran 3,6x3,6 m.

- 1.) Beban mati plat yang ditinjau :
 

Berat pelat (12 cm)	= 288 kg/m <sup>2</sup>
Berat plafond	= 6,5 kg/m <sup>2</sup>
Plumbing	= 25 kg/m <sup>2</sup>
Mekanikal elektrikal	= 19 kg/m <sup>2</sup>
Waterproofing	= <u>7 kg/m<sup>2</sup></u> +
Total beban mati pelat (q DL)	= 345,5 kg/m <sup>2</sup>
  
- 2.) Beban hidup yang ditinjau :
 

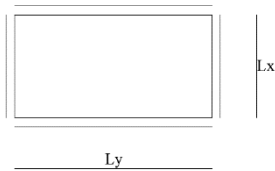
Beban hidup atap datar	= 96 kg/m <sup>2</sup>
Beban hujan	= <u>20 kg/m<sup>2</sup></u>
Total beban hidup pelat (q LL)	= 116 kg/m <sup>2</sup>
  
- 3.) Beban ultimate rencana
 
$$\begin{aligned}
 q_{\text{ultimate}} &= 1,2 q_{D \text{ total}} + 1,6 q_L \\
 &= (1,2 \cdot 345,5 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \cdot 116 \text{ kg/m}^2) \\
 &= 600,20 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$
  
- 4.) Perhitungan Tulangan Pelat Lantai
 

Data Perencanaan:

Tipe Pelat	= P1
$L_x$	= 3,6 m
$L_y$	= 3,6 m
$f_c'$	= 25 Mpa
$f_y$	= 240 Mpa
$\beta_1$	= 0,85 ( SNI 2847, pasal 10.2.7.3)

$b$	$= 1000 \text{ mm}$	$= 1 \text{ m}$
$h$	$= 120 \text{ mm}$	$= 0,12 \text{ m}$
$\rho_{susut}$	$= 0,0018$	$(SNI 2847, \text{ Pasal } 7.12.2.1)$
$d_x$	$= 94 \text{ mm}$	$= 0,094 \text{ m}$
$d_y$	$= 87 \text{ mm}$	$= 0,087 \text{ m}$
$\emptyset_{tul. \text{ lentur}}$	$= 8 \text{ mm}$	$= 0,08 \text{ m}$
$\emptyset_{tul. \text{ susut}}$	$= 8 \text{ mm}$	$= 0,008 \text{ m}$
$decking$	$= 20 \text{ mm}$	$= 0,02 \text{ m}$

Asumsi jenis pelat : terjepit elastis



$$\frac{L_y}{L_x} < 2$$

$$\frac{3,6 \text{ m}}{3,6 \text{ m}} < 2$$

$$1 < 2$$

sehingga termasuk  
dalam pelat 2 arah  
(SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3)

### Momen- momen pada pelat:

$$\begin{aligned}
 M_{Lapangan \ X} &= 0,001 \times q_{lx}^2 \times X \\
 &= 0,001 \times (600,20 \text{ kg/m}^2)^2 \times 21 \\
 &= 143,57 \text{ kgm} \\
 M_{Tumpuan \ X} &= -0,001 \times q_{lx}^2 \times X \\
 &= -0,001 \times (600,20 \text{ kg/m}^2)^2 \times 52 \\
 &= -355,51 \text{ kgm} \\
 M_{Tumpuan \ Y} &= -0,001 \times q_{ly}^2 \times X \\
 &= 0,001 \times (600,20 \text{ kg/m}^2)^2 \times 52 \\
 &= -355,51 \text{ kgm} \\
 M_{Lapangan \ Y} &= 0,001 \times q_{ly}^2 \times X \\
 &= 0,001 \times (600,20 \text{ kg/m}^2)^2 \times 21 \\
 &= 143,57 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

(PBBI 1971 Tabel 13.3.1)

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 11,29 \\
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240 \text{ N/mm}^2} = 0,0058 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2}{240 \text{ N/mm}^2} \left( \frac{600}{600 + 240 \text{ N/mm}^2} \right) \\
 &= 0,054 \\
 &\quad \quad \quad \text{(SNI 2847:2013 B.8.42)} \\
 \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,054 = 0,0403
 \end{aligned}$$

### Penulangan pada pelat

Arah X

- Tumpuan X

$$\begin{aligned}
 M_u &= -355,51 \text{ kgm} \\
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{-355,51 \text{ kgm}}{0,9} \\
 &= -3950066,25 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b d_x^2} = \frac{-3950066,25 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (94 \text{ mm})^2} = 0,45 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2m R_n}{f_y} \right)} \right) \\
 &= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times 11,29 \times \left( 0,93 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\
 &= 0,00188
 \end{aligned}$$

**Cek persyaratan:**

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &< \rho < \rho_{max} \\
 0,0058 &> 0,00188 < 0,0403 \quad \text{(Tidak memenuhi)} \\
 \text{Karena } \rho_{min} &> \rho, \text{ maka } \rho = \text{ditambah 30\% dari } \rho
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga } \rho &= 1,3 \times \rho \\
 \rho &= 1,3 \times 0,00188
 \end{aligned}$$

$$\rho = 0,00245 < \rho_{min}$$

Maka dipakai  $\rho_{min}$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0058 \times 100 \text{ mm}^2 \times 94 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} = 548,33 \text{ mm}^2$$

**Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$S_{max} \leq 2h$$

$$\leq 2 \times 120 \text{ mm}$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan  $\emptyset 12$ , sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{548,33 \text{ mm}^2} \\ &= 206,26 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena  $S < S_{max}$  maka digunakan  $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

Dengan  $A_s \text{ perlu} = 548,33 \text{ mm}^2$ , dipakai tulangan  $\emptyset 12$ .

Sehingga, tulangan pakai =  $\emptyset 12 - 200$  dengan  $A_s \text{ ada} = 565,49 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &< A_s \text{ ada} \\ 548,33 \text{ mm}^2 &< 565,49 \text{ mm}^2 (\text{OK}) \end{aligned}$$

- Lapangan X

$$M_u = 143,57 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{159,52 \text{ kgm}}{0,9}$$

$$= 1595219,06 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d_x^2} = \frac{1595219,06 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (94 \text{ mm})^2} = 0,18 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times 11,29 \times \left( 0,37 \frac{N}{mm^2} \right)}{240 \frac{N}{mm^2}} \right)} \right)$$

$$= 0,0008$$

**Cek persyaratan:**

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0058 > 0,0008 < 0,0484 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Karena  $\rho_{min} > \rho$ , maka  $\rho = \text{ditambah } 30\% \text{ dari } \rho$   
(SNI 2847:2013, pasal 10.5.3)

$$\text{Sehingga } \rho = 1,3 \times \rho$$

$$\rho = 1,3 \times 0,0008$$

$$\rho = 0,00098 < \rho_{min}$$

$$\text{Sehingga } A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0058 \times 1000 \text{ mm} \times 94 \text{ mm}$$

$$= 548,33 \text{ mm}^2$$

**Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$S_{max} \leq 2h$$

$$\leq 2 \times 120 \text{ mm}$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan  $\emptyset 12$ , sehingga jarak antar tulangan

$$S = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s \text{ perlu}}}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{548,33 \text{ mm}^2}$$

$$= 206,26 \text{ mm}$$

Karena  $S < S_{max}$  maka digunakan  $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

Dengan  $A_{s \text{ perlu}} = 548,33 \text{ mm}^2$ , dipakai tulangan  $\emptyset 12$ .

Sehingga, tulangan pakai =  $\emptyset 12 - 200$  dengan  $A_{s \text{ ada}} = 565,49 \text{ mm}^2$

$$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ ada}}$$

$$548,33 \text{ mm}^2 < 565,49 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

Arah Y

- Tumpuan Y

$$M_u = -355,51 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{-355,51 \text{ kgm}}{0,9}$$

$$= -3950066,25 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bdx^2} = \frac{-3950066,25 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (94 \text{ mm})^2} = 0,45 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times 11,29 \times \left( 0,93 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right)$$

$$= 0,00188$$

**Cek persyaratan:**

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 > 0,00188 < 0,0403 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Karena  $\rho_{\min} > \rho$ , maka  $\rho = \text{ditambah } 30\% \text{ dari } \rho$

$$\text{Sehingga } \rho = 1,3 \times \rho$$

$$\rho = 1,3 \times 0,00188$$

$$\rho = 0,00245 < \rho_{\min}$$

Maka dipakai  $\rho_{\min}$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0058 \times 100 \text{ mm}^2 \times 94 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} = 548,33 \text{ mm}^2$$

**Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$\leq 2 \times 120 \text{ mm}$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan  $\phi 12$ , sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{548,33 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

$$= 206,26 \text{ mm}$$

Karena  $S < S_{max}$  maka digunakan  $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$   
 Dengan  $A_{s \text{ perlu}} = 548,33 \text{ mm}^2$ , dipakai tulangan  $\emptyset 12$ .  
 Sehingga, tulangan pakai =  $\emptyset 12 - 200$  dengan  $A_{s \text{ ada}} = 565,49 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &< A_{s \text{ ada}} \\ 548,33 \text{ mm}^2 &< 565,49 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Lapangan Y

$$\begin{aligned} M_u &= 143,57 \text{ kgm} \\ M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{330,41 \text{ kgm}}{0,9} \\ &= 3304068,19 \text{ Nmm} \\ R_n &= \frac{M_n}{b d_x^2} = \frac{3304068,19 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (94 \text{ mm})^2} = 0,37 \text{ N/mm}^2 \\ \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2m R_n}{f_y} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times 11,29 \times (0,37 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})}{240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\ &= 0,00157 \end{aligned}$$

**Cek persyaratan:**

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0058 > 0,00157 < 0,0484 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Karena  $\rho_{min} > \rho$ , maka  $\rho = \text{ditambah } 30\% \text{ dari } \rho$   
 (SNI 2847:2013, pasal 10.5.3)

Sehingga  $\rho = 1,3 \times \rho$

$$\rho = 1,3 \times 0,00157$$

$$\rho = 0,00204 < \rho_{min}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0058 \times 1000 \text{ mm} \times 94 \text{ mm} \\ &= 548,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



**Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$\begin{aligned}
 S_{max} &\leq 2h \\
 &\leq 2 \times 120 \text{ mm} \\
 &\leq 240 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan  $\phi 12$ , sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s \text{ perlu}}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{548,33 \text{ mm}^2} \\
 &= 206,26 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Karena  $S < S_{max}$  maka digunakan  $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

Dengan  $A_{s \text{ perlu}} = 548,33 \text{ mm}^2$ , dipakai tulangan  $\phi 12$ .

Sehingga, tulangan pakai =  $\phi 12 - 200$  dengan  $A_{s \text{ ada}} = 565,49 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &< A_{s \text{ ada}} \\
 548,33 \text{ mm}^2 &< 565,49 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

**Tulangan Susut**

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 240 dipakai  $\rho_{susut} = 0,0018$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ susut perlu}} &= \rho_{susut} \times h \times b \\
 &= 0,0018 \times 120 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\
 &= 216 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

(SNI 2847 Pasal 7.12.2.2)

$$S_{max} \leq 5h \text{ atau } S_{max} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{max} = 5 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan  $\phi 8$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s \text{ susut}}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{216 \text{ mm}^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= 232,59 \text{ mm} \\
 &= 232,59 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm} \\
 &\rightarrow S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai  $\varnothing 8 - 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \pi (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\
 &= 251,2 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ susut}} = 216 \text{ mm}^2 \\
 &\quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 22. Rekapitulasi tulangan plat dua arah

PLAT DUA ARAH											
TIPE	DIMENSI (m)		BEBAN HIDUP (kg/m <sup>2</sup> )	TUL ARAH X				TUL ARAH Y			
				TUMP.		LAP.		TUMP.		LAP.	
	PANJANG	LEBAR		$\varnothing$ -(mm)	S (mm)	$\varnothing$ -(mm)	S (mm)	$\varnothing$ -(mm)	S (mm)	$\varnothing$ -(mm)	S (mm)
A	3.6	3.6	479	$\varnothing 8$ -	100	$\varnothing 8$ -	200	$\varnothing 8$ -	100	$\varnothing 8$ -	200
A	3.6	3.6	383	$\varnothing 8$ -	100	$\varnothing 8$ -	200	$\varnothing 8$ -	100	$\varnothing 8$ -	200
A	3.6	3.6	240	$\varnothing 8$ -	100	$\varnothing 8$ -	200	$\varnothing 8$ -	100	$\varnothing 8$ -	200
A	3.6	3.6	192	$\varnothing 8$ -	100	$\varnothing 8$ -	200	$\varnothing 8$ -	100	$\varnothing 8$ -	200
A	3.6	1.975	383	$\varnothing 8$ -	200	$\varnothing 8$ -	200	$\varnothing 8$ -	100	$\varnothing 8$ -	200
A'	3.6	3.6	96	$\varnothing 8$ -	100	$\varnothing 8$ -	200	$\varnothing 8$ -	100	$\varnothing 8$ -	200
A'	3.6	2.1	96	$\varnothing 8$ -	200	$\varnothing 8$ -	200	$\varnothing 8$ -	100	$\varnothing 8$ -	200

Tabel 4. 23. Rekapitulasi tulangan plat satu arah

PLAT SATU ARAH											
TIPE	DIMENSI		BEBAN HIDUP	TUL ARAH X						TUL SUSUT	
				TUMP. KIRI		LAP.		TUMP. KANAN			
	PANJANG	LEBAR			Ø-	S	Ø-	S	Ø-	S	Ø-
A'	3.6	1.5	116	8	200	8	200	8	200	8	200
A'	3.6	1	116	8	200	8	200	8	200	8	200

#### 4.2.2.4. Pelat Tangga

- Tangga 1

Data perencanaan :

Tipe pelat : Pelat Tangga

Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa

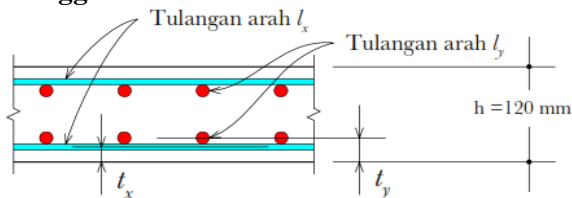
Mutu baja ( $f_y$ ) : 240 Mpa

$\varnothing$  tulangan lentur : 13 mm

Decking	: 20 mm
b	: 1000 mm
$\beta_1$	: 0,8 (SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)
Faktor reduksi ( $\phi$ )	: 0,9 (SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7)
Tebal plat tangga (t)	: 150 mm

### - Penulangan pelat tangga arah X

#### Tinggi Efektif Pelat



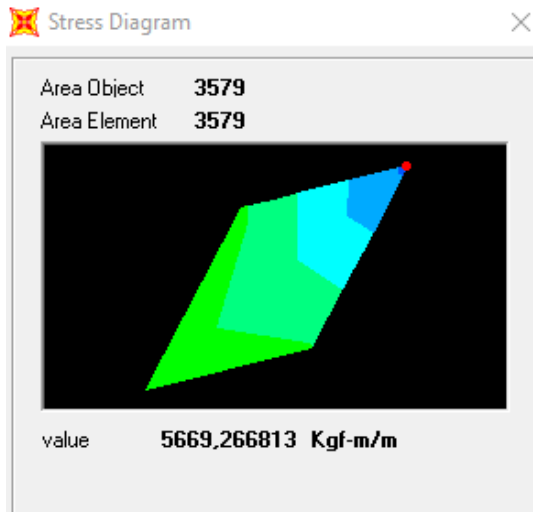
$$\begin{aligned}
 d_y &= t - \text{decking} - \text{Øtulangan} - \frac{1}{2} \text{Øtulangan} \\
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \frac{1}{2} 16 \text{ mm} \\
 &= 110 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_{c'} \left[ \frac{600}{600 + f_y} \right]}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25 \left[ \frac{600}{600 + 240} \right]}{400} = 0,0271
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0203$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,82$$



Gambar 4. 11. Output M11 Tangga 1

$$M_{11} = 5669,27 \text{ Nmm}$$

$$M_u = 56692700 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{56692700 \text{ Nmm}}{0,9} = 62991888,89 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{62991888,89 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (110 \text{ mm})^2} = 5,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{18,82} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 5,20 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0152 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,006 < 0,0152 < 0,0203 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0152 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 110 \text{ mm} \\ &= 1670,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &\leq 2 \cdot h \\
 &\leq 2 \cdot 100 \text{ mm} \\
 &\leq 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

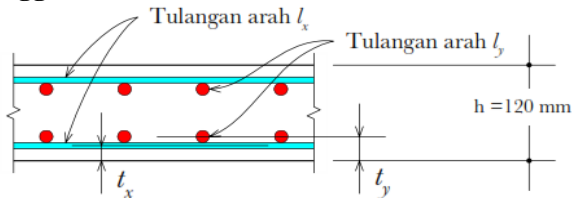
Tulangan yang dipakai  $\varnothing 16 - 050 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \cdot b}{s_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{100 \text{ mm}^2} \\
 &= 2011 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 10.5.1)

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &< A_{s_{\text{pakai}}} \\
 1670,36 \text{ mm}^2 &< 2011 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

#### - Penulangan pelat tangga arah Y Tinggi Efektif Pelat



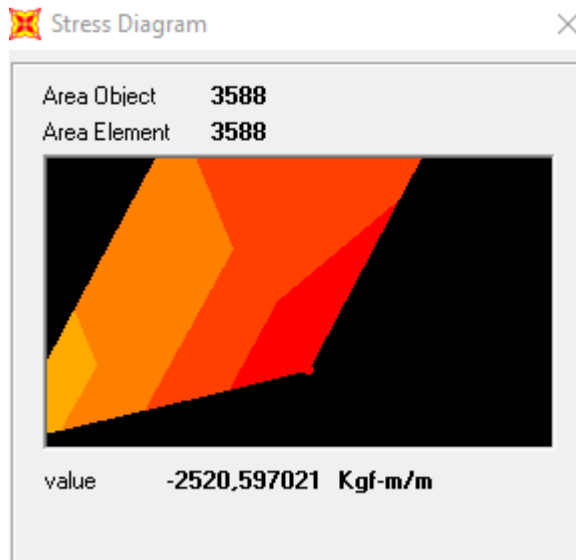
$$\begin{aligned}
 d_x &= t - \text{decking} - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tulangan}} \\
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 12 \text{ mm} \\
 &= 124 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_{c'} \left[ \frac{600}{600 + f_y} \right]}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25 \left[ \frac{600}{600 + 400} \right]}{400} = 0,0538
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0403$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{240}{0,85 \times 25} = 11,29$$



Gambar 4. 12. Output M22 Tangga 1

$$M_{22} = 2520,6 \text{ Nmm}$$

$$M_u = 25206000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{25206000 \text{ Nmm}}{0,9} = 28006666,67 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{28006666,67 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (124 \text{ mm})^2} = 1,82 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 1,82 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0079 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0035 < 0,0079 < 0,0528 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0079 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 73,5 \text{ mm} \\ &= 985,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 150 \text{ mm} \\ &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

Tulangan yang dipakai  $\varnothing 12 - 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}^2} \\ &= 1130,97 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &< A_{S_{\text{pakai}}} \\ 985,3 \text{ mm}^2 &< 1130,97 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan arah X = D12-100 mm

Dipakai tulangan arah Y = D16-100 mm

#### - Tangga 2

Data perencanaan :

Tipe pelat : Pelat Tangga

Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa

Mutu baja ( $f_y$ ) : 240 Mpa

$\varnothing$  tulangan lentur : 13 mm

Decking : 20 mm

b : 1000 mm

$\beta_1$  : 0,8

(SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)

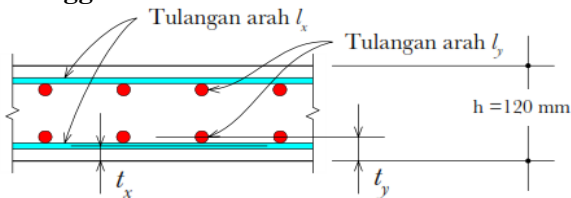
Faktor reduksi ( $\phi$ ) : 0,9

(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7)

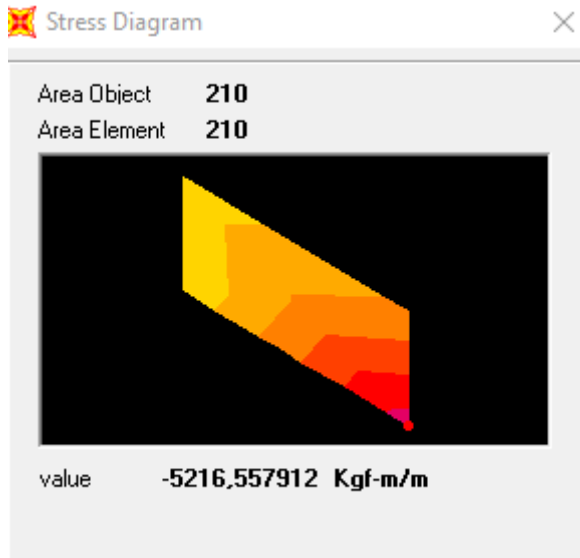
Tebal plat tangga (t) : 150 mm

#### - Penulangan pelat tangga arah Y

##### Tinggi Efektif Pelat



$$\begin{aligned}
 d_y &= t - \text{decking} - \text{Øtulangan} - \frac{1}{2} \text{Øtulangan} \\
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \frac{1}{2} 16 \text{ mm} \\
 &= 109 \text{ mm} \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \left[ \frac{600}{600 + f_y} \right] \\
 &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{400} \left[ \frac{600}{600 + 400} \right] = 0,0271 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,0203 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,82
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 13. Output M22 Tangga 2

$$\begin{aligned}
 M_{22} &= 5216,56 \text{ Nmm} \\
 M_u &= 52165600 \text{ Nmm} \\
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{52165600 \text{ Nmm}}{0,9} = 57961777,78 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b d^2} = \frac{57961777,78 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (109 \text{ mm})^2} = 4,87 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 4,87 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0141\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,006 &< 0,0141 < 0,0203 \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

Maka dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0141 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 61 \text{ mm} \\ &= 1532,08 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned}S_{\max} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 150 \text{ mm} \\ &\leq 300 \text{ mm}\end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

Tulangan yang dipakai  $\emptyset 16 - 125 \text{ mm}$

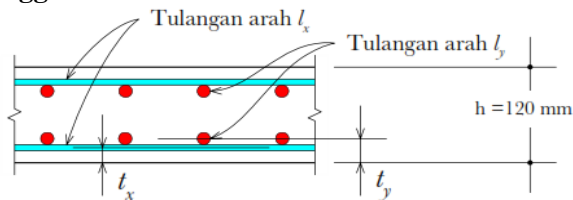
$$\begin{aligned}A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{s_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{125 \text{ mm}^2} \\ &= 1608 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 10.5.1)

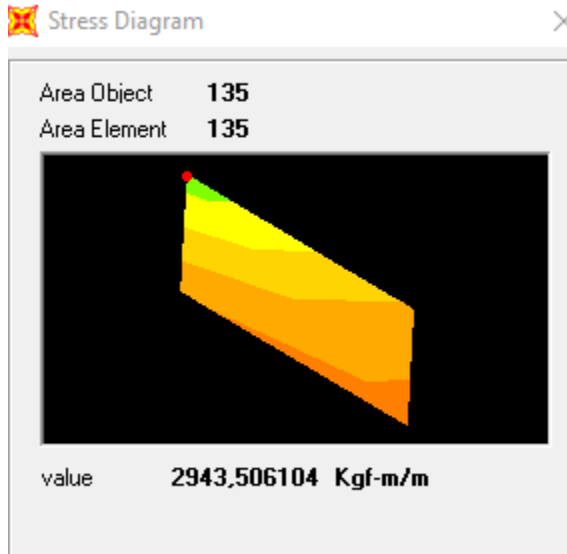
$$\begin{aligned}A_{S_{\text{perlu}}} &< A_{S_{\text{pakai}}} \\ 1532,08 \text{ mm}^2 &< 1608 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

- **Penulangan pelat tangga arah X**

**Tinggi Efektif Pelat**



$$\begin{aligned}
 d_x &= t - \text{decking} - \frac{1}{2} \text{Øtulangan} \\
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 13 \text{ mm} \\
 &= 123,5 \text{ mm} \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \left[ \frac{600}{600 + f_y} \right] \\
 &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{400} \left[ \frac{600}{600 + 400} \right] = 0,0271 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,0203 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,82
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 14. Output M11 Tangga 2

$$\begin{aligned}
 M_{11} &= 2943,51 \text{ Nmm} \\
 M_u &= 29435100 \text{ Nmm} \\
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{29435100 \text{ Nmm}}{0,9} = 32705666,67 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b d^2} = \frac{32705666,67 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (123,5 \text{ mm})^2} = 2,144 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{18,82} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 2,144 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right)$$

$$= 0,0057$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0057 < 0,0203 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0057 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 123,5 \text{ mm}$$

$$= 699,33 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$S_{\max} \leq 2 \cdot h$$

$$\leq 2 \cdot 150 \text{ mm}$$

$$\leq 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

Tulangan yang dipakai Ø 13 – 175 mm

$$A_{\text{Spakai}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{175 \text{ mm}^2}$$

$$= 758,47 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{Sperlu}} < A_{\text{Spakai}}$$

$$699,33 \text{ mm}^2 < 758,47 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Dipakai tulangan arah X = D13-175 mm

Dipakai tulangan arah Y = D16-125 mm

#### 4.2.2.5. Pelat Bordes

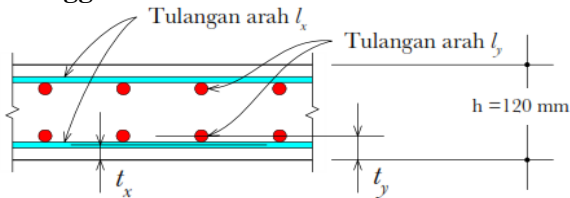
- Bordes 1

Data perencanaan :

Tipe pelat	: Pelat Bordes
Mutu beton (fc')	: 25 Mpa
Mutu baja (fy)	: 240 Mpa
Ø tulangan lentur	: 12 mm
Decking	: 20 mm
b	: 1000 mm

- $\beta_1$  : 0,8  
 (SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)  
 Faktor reduksi ( $\phi$ ) : 0,9  
 (SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7)  
 Tebal plat bordes (t) : 150 mm

- **Penulangan pelat bordes arah Y**  
**Tinggi Efektif Pelat**



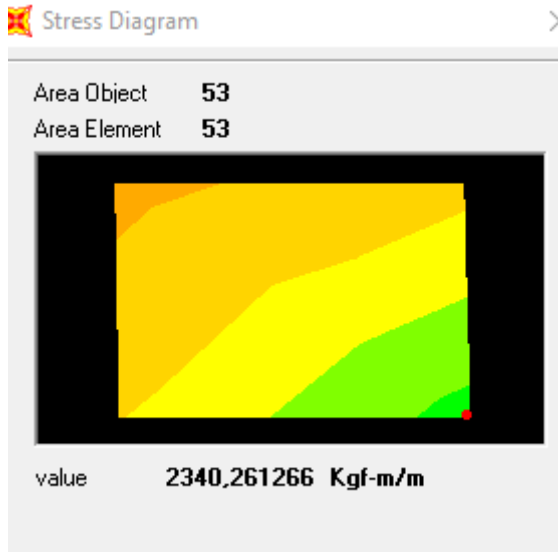
$$\begin{aligned}
 d_y &= t - \text{decking} - \phi_{\text{tulangan}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan}} \\
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \frac{1}{2} 12 \text{ mm} \\
 &= 112 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \left[ \frac{600}{600 + f_y} \right] \\
 &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{240} \left[ \frac{600}{600 + 400} \right] = 0,0538 \\
 &\quad \text{(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,0403 \\
 &\quad \text{(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)}
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 11,29$$



Gambar 4. 15. Output M22 Bordes 1

$$M_{22} = 2340,26 \text{ Nmm}$$

$$M_u = 23402600 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{23402600 \text{ Nmm}}{0,9} = 26002888,89 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{26002888,89 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (112 \text{ mm})^2} = 1,93 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 1,93 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0091 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0035 < 0,0091 < 0,0203 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0091 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 112 \text{ mm} \\ &= 1019,81 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &\leq 2 \cdot h \\
 &\leq 2 \cdot 150 \text{ mm} \\
 &\leq 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

Tulangan yang dipakai  $\varnothing 12 - 100 \text{ mm}$

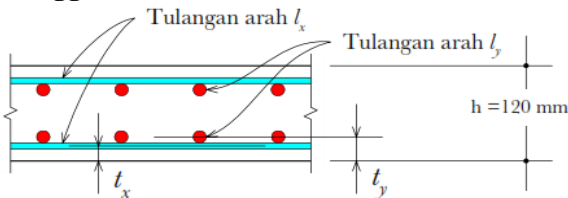
$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \cdot b}{s_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{100 \text{ mm}^2} \\
 &= 1131 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 10.5.1)

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{perlu}} &< A_{s\text{pakai}} \\
 1019,81 \text{ mm}^2 &< 1131 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

#### - Penulangan pelat bordes arah X

##### Tinggi Efektif Pelat



$$\begin{aligned}
 d_x &= t - \text{decking} - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tulangan}} \\
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 12 \text{ mm} \\
 &= 124 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

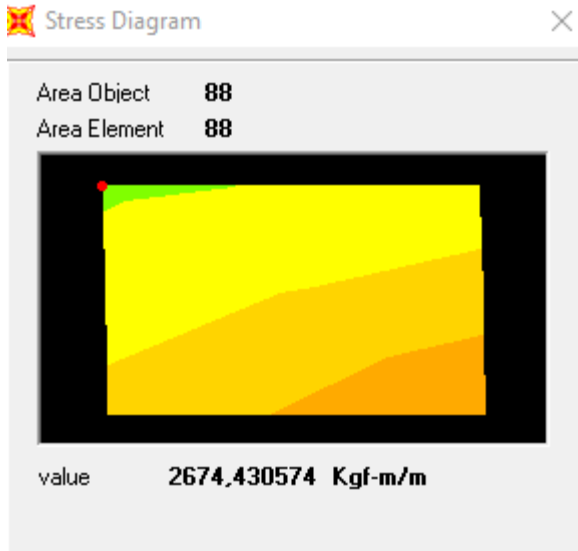
$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_{c'} \left[ \frac{600}{600 + f_y} \right]}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25 \left[ \frac{600}{600 + 400} \right]}{240} = 0,0538
 \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0403$$

(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{240}{0,85 \times 25} = 11,29$$



Gambar 4. 16. Output M11 Bordes 1

$$M_{11} = 2674,43 \text{ Nmm}$$

$$M_u = 26744300 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{26744300 \text{ Nmm}}{0,9} = 29715888,89 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{29715888,89 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (123,5 \text{ mm})^2} = 2,14 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 2,14 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0085 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0035 < 0,0085 < 0,0203 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0085 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 124 \text{ mm} \\ &= 1048,59 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 150 \text{ mm} \\ &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

Tulangan yang dipakai Ø 12 – 100 mm

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}^2} \\ &= 1131 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &< A_{S_{\text{pakai}}} \\ 1048,59 \text{ mm}^2 &< 1131 \text{ mm}^2 (\text{OK}) \end{aligned}$$

Dipakai tulangan arah X = D12-100 mm

Dipakai tulangan arah Y = D12-100 mm

- Bordes 2

Data perencanaan :

Tipe pelat : Pelat Bordes

Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa

Mutu baja ( $f_y$ ) : 240 Mpa

Ø tulangan lentur : 13 mm

Decking : 20 mm

b : 1000 mm

$\beta_1$  : 0,8

(SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)

Faktor reduksi ( $\phi$ ) : 0,9

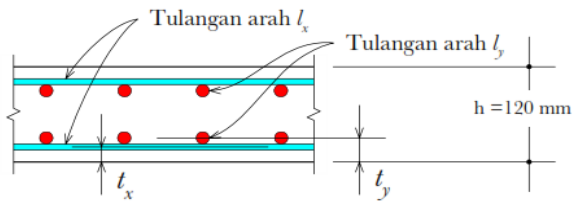
(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7)

Tebal plat bordes (t) : 150 mm

- **Penulangan pelat bordes arah Y**

**Tinggi Efektif Pelat**






$$d_y = t - \text{decking} - \text{Øtulangan} - \frac{1}{2} \text{Øtulangan} \\ = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \frac{1}{2} 12 \text{ mm} \\ = 111 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \left[ \frac{600}{600 + f_y} \right] \\ = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{240} \left[ \frac{600}{600 + 400} \right] = 0,0538$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0403$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 11,29$$

 Stress Diagram



Gambar 4. 17. Output M22 Bordes 2

$$M_{22} = 2275,81 \text{ Nmm}$$

$$M_u = 22758100 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{22758100 \text{ Nmm}}{0,9} = 25286777,78 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{25286777,78 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (107,5 \text{ mm})^2} = 2,05 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 2,05 \text{ N/mm}^2}{240 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,009 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0035 < 0,009 < 0,0203 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,009 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 111 \text{ mm} \\ &= 1000,09 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 150 \text{ mm} \\ &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

Tulangan yang dipakai Ø 12– 100 mm

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}^2} \\ &= 1131 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

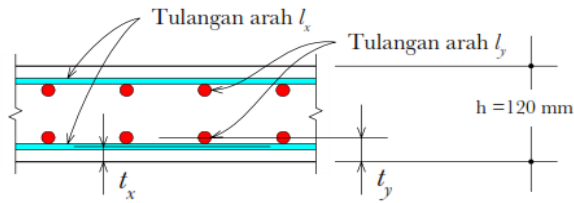
(SNI 2847-2013, Pasal 10.5.1)

$$A_{S_{\text{perlu}}} < A_{S_{\text{pakai}}}$$

$$1000,09 \text{ mm}^2 < 1131 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

- **Penulangan pelat bordes arah X**

**Tinggi Efektif Pelat**



$$\begin{aligned}
 d_x &= t - \text{decking} - \frac{1}{2} \text{Øtulangan} \\
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 13 \text{ mm} \\
 &= 123,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_{c'} \left[ \frac{600}{600 + f_y} \right]}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25 \left[ \frac{600}{600 + 400} \right]}{400} = 0,0271 \\
 &\quad \text{(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,0203 \\
 &\quad \text{(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)}
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,82$$



Gambar 4. 18. Output M11 Bordes 2

$$M_{11} = 2961,57 \text{ Nmm}$$

$$M_u = 29615700 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{29615700 \text{ Nmm}}{0,9} = 32906333,33 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{32906333,33 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (123,5 \text{ mm})^2} = 2,15 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{18,82} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 2,15 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0056 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0035 < 0,0056 < 0,0203 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai  $\rho_{\text{perlu}}$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0056 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 123,5 \text{ mm} \\ &= 703,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 150 \text{ mm} \\ &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

Tulangan yang dipakai  $\varnothing 13 - 150 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{\text{Spakai}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}^2} \\ &= 884,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{\text{Sperlu}} < A_{\text{Spakai}}$$

$$703,88 \text{ mm}^2 < 884,88 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

Dipakai tulangan arah X = D13-150 mm

Dipakai tulangan arah Y = D12-100 mm

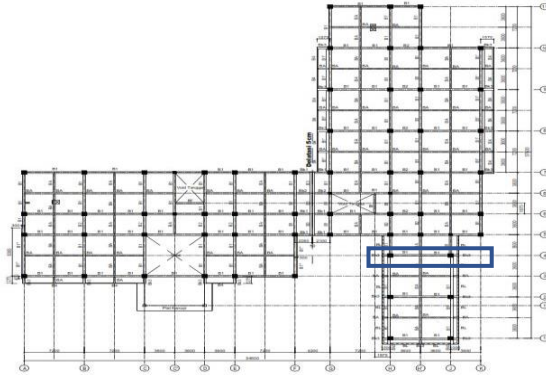
Tabel 4. 24. Rekapitulasi penulangan tangga

REKAP PENULANGAN TANGGA					
TIPE	POSISI	TUL ARAH X		TUL ARAH Y	
		$\varnothing$ -	S	$\varnothing$ -	S
TANGGA 1	BORDES	$\varnothing 12$ -	100	$\varnothing 12$ -	100
	TANGGA	$\varnothing 12$ -	100	$\varnothing 16$ -	100
TANGGA 2	BORDES	$\varnothing 13$ -	150	$\varnothing 12$ -	100
	TANGGA	$\varnothing 13$ -	175	$\varnothing 16$ -	125

#### 4.2.2.6. Struktur Balok

##### 1. Balok Induk (B1)

Berikut ini adalah data perencanaan balok induk (30/60) berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.



Gambar 4. 19. Denah Balok yang Ditinjau

Data-data perencanaan :

- Tipe balok : B1A
  - Bentang balok (L) : 720 mm
  - Dimensi balok ( $B_{\text{balok}}$ ) : 300 mm
  - Dimensi balok ( $H_{\text{balok}}$ ) : 600 mm
  - Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa
  - Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400 Mpa
  - Kuat leleh tulangan geser ( $f_{ys}$ ) : 240 Mpa
  - Kuat leleh tulangan puntir ( $f_{yt}$ ) : 400 Mpa
  - Diameter tulangan lentur (D) : 22 mm
  - Diameter tulangan geser ( $\emptyset$ ) : 10 mm
  - Diameter tulangan puntir (D) : 12 mm
  - Spasi antar tulangan sejajar : 25 mm
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)**
- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))

- Faktor  $\beta_1$  : 0,85  
(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)
- Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\phi$ ) : 0,9  
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)
- Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ ) : 0,75  
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)
- Faktor reduksi kekuatan torsi ( $\phi$ ) : 0,75  
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

Gambar denah perencanaan :

### Perhitungan Tulangan Balok :

- Tinggi efektif balok :

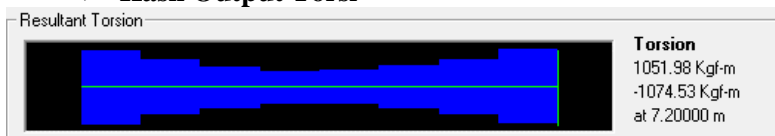
$$\begin{aligned} dx &= h - t_{\text{decking}} - \phi_{\text{tulangan geser}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 11 \text{ mm} \\ &= 536 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'' &= h - d \\ &= 600 \text{ mm} - 537,5 \text{ mm} \\ &= 64 \text{ mm} \end{aligned}$$

### Hasil Output SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu struktur SAP 2000, maka didapatkan hasil perhitungan struktur dan diagram gaya dalam. Hasil dari program bantu struktur SAP 2000 dapat digunakan pada proses perhitungan penulangan balok.

### ➤ Hasil Output Torsi

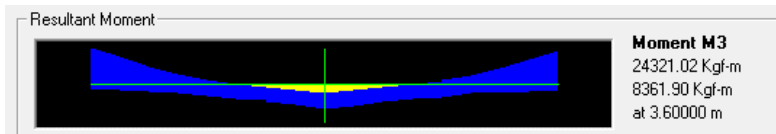


Gambar 4. 20. Output Torsi Balok B1A

Kombinasi : 1.2D-0.3EX+1EY+1L  
Momen Puntir : 1074.53 kg-m

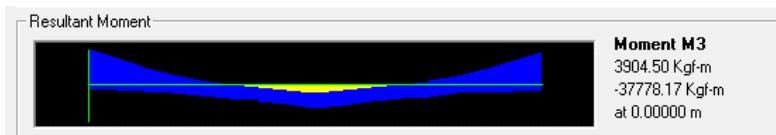
➤ **Hasil Output Momen Lentur**

Kombinasi : 1.2D+1.6L  
Momen Lentur Lapangan : 24321.02 kg-m



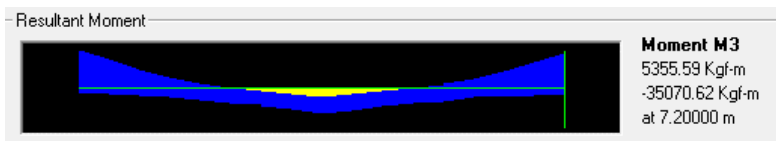
Gambar 4. 21. Output Momen Lapangan Balok B1A

Kombinasi : 1.2D-1EX-0,3EY+1L  
Momen Lentur Tumpuan Kiri : -37778.17 kg-m



Gambar 4. 22. Output Momen Tumpuan Kiri Balok B1A

Kombinasi : 1.2D+1EX+0,3EY+1L  
Momen Lentur Tumpuan Kanan : 35070.62 kg-m



Gambar 4. 23. Output Momen Tumpuan Kanan Balok B1A

➤ **Hasil Output Diagram Gaya Geser**

Kombinasi : 1.2D-1EX+0,3EY+1L  
Gaya geser : -21061.72 kg





Gambar 4. 24. Output Gaya Geser Balok B1A

- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$A_{cp} = 300 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 180000 \text{ mm}^2$$

Parameter luas irisan penampang beton  $A_{cp}$ :

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$P_{cp} = 2 \times (300 \text{ mm} + 600 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 1800 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{sloof} - 2.t_{decking} - \phi_{geser})$$

$$A_{oh} = (300\text{mm} - 2.40\text{mm} - 13\text{mm}) \times (600\text{mm} - 2.40\text{mm} - 13 \text{ mm})$$

$$A_{oh} = 104949 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_{oh} = 2 \times [(b_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser})]$$

$$P_{oh} = 2 \times [(300\text{mm} - 2.40\text{mm} - 13\text{mm}) + (600\text{mm} - 2.40\text{mm} - 13\text{mm})]$$

$$P_{oh} = 1428 \text{ mm}$$

**Perhitungan Tulangan Puntir :**

Berdasarkan hasil analisa struktur SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar

Momen puntir ultimate :

$$T_u = 10745300 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{10745300 \text{ Nmm}}{0,75} = 14327066,67 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

$$T_u \text{ min} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))

$$= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{25} \left( \frac{18000^2}{1800} \right)$$

$$= 5602500 \text{ Nmm}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal  $T_u$  dapat diambil sebesar :

$$T_u \text{ max} = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))

$$= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{25} \left( \frac{18000^2}{1800} \right)$$

$$= 8910000 \text{ Nmm}$$

Cek pengaruh momen puntir

$T_u < T_u \text{ min}$  , maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_u \text{ min}$  , maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi :

$$T_u > T_u \text{ min}$$

$$10745300 \text{ Nmm} > 5602500 \text{ Nmm}$$

(tulangan puntir diperlukan)

➤ Tulangan puntir untuk lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7) direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \phi$$

Dengan  $A_t/s$  dihitung sesuai dengan (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6) berasal dari persamaan berikut

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt} \times \cot \emptyset}$$

$$\begin{aligned} \text{Dengan } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 0,85 \times 104949 \text{ mm}^2 \\ &= 89206,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \emptyset} \\ \frac{A_t}{s} &= \frac{14882800 \text{ Nmm}}{2 \times 89206,7 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ Nmm} \times \cot 45} \\ \frac{A_t}{s} &= 0,334 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga Tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_{oh} \times \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \emptyset$$

$$A_l = 0,334 \text{ mm} \times 1428 \text{ mm} \times \left( \frac{240 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times \cot^2 45$$

$$A_l = 286,68 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3) tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &\geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}} \\ 0,334 \text{ mm} &\geq \frac{0,175 \times 300 \text{ mm}}{240} \end{aligned}$$

$$0,334 \text{ mm} \geq 0,218 \text{ mm}$$

Maka nilai  $A_t/s$  diambil = 0,334 mm

Cek nilai  $A_l$  min dengan persamaan :

$$\left( \frac{0,42 \times \sqrt{f'c'} \times A_{cp}}{F_y} - \frac{A_t}{s} \right) \times P_{oh} \times \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Maka nilai  $A_{lmin}$  :

$$\left( \frac{0,42 \times \sqrt{25 \text{ Mpa}} \times 18000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} - 0,334 \text{ mm} \right) \times 1440 \text{ mm} \times \frac{240 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{lmin} = 658,319 \text{ mm}^2$$

Kontrol penggunaan Al dengan 2 kondisi yakni

$Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\text{min}}$  Maka menggunakan  $Al_{\text{min}}$

$Al_{\text{perlu}} \geq Al_{\text{min}}$  Maka menggunakan  $Al_{\text{perlu}}$

Maka ;

$$Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\text{min}}$$

$$286,68 \text{ mm}^2 \leq 658,319 \text{ mm}^2$$

Sehingga yang digunakan nilai Al min sebesar 658,319  $\text{mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga :

$$\frac{Al}{4} = \frac{658,319 \text{ mm}}{4} = 164,58 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok
  - Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok
- Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar 164,58 mm. Pada sisi kanan dan sisi kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2 \times \frac{Al}{4} = 329,159 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{Al}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{297,8 \text{ mm}^2}{0,25 \pi 12 \text{ mm}^2}$$

$$n = 2,86 \approx 4 \text{ Buah}$$

Kontrol Al pasang > Al perlu

$Al_{\text{pasang}} = n_{\text{pasang}} \times \text{Luasan D puntir}$

$$= 4 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times (12 \text{ mm})^2\right)$$

$$= 452,389 \text{ mm}^2$$

Maka  $Al_{\text{pasang}} > Al_{\text{perlu}}$

$$= 452,389 \text{ mm}^2 > 329,159 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Sehingga tulangan puntir ditumpuan kiri, kanan dan lapangan dipasang sebesar **4Ø12**

**Perhitungan Tulangan Lentur :**

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} \times 536 \text{ mm}$$

$$= 321,6 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum

$$X_{max} = 0,75 \times X_b$$

$$= 0,75 \times 321,6 \text{ mm}$$

$$= 241,2 \text{ mm}$$

Garis Netral Minimum

$$X_{min} = d''$$

$$= 64 \text{ mm}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{rencana} = 125 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$C_c' = 0,85 \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 0,85 \times 125 \text{ mm}$$

$$C_c' = 677343,75 \text{ N}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggai

$$A_{sc} = \frac{C_c'}{f_y} = \frac{677343,75 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}}$$

$$A_{sc} = 1693,359 \text{ mm}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggai

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right) \\
 M_{nc} &= 1693,359 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left( 536 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 125 \text{ mm}}{2} \right) \\
 M_{nc} &= 327072363 \text{ Nmm} \\
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_b &= \left( \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \right) \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,027 \\
 \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,027 \\
 &= 0,0203 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{f_y}{0,85 \times 25} \\
 &= 18,823
 \end{aligned}$$

### **DAERAH TUMPUAN KANAN**

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok menggunakan momen terbesar yang di dapat dari SAP2000 dari kombinasi ENVELOPE.

$$M_u = 350706200 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{350706200 \text{ Nmm}}{0,9} \\
 M_n &= 389673555 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 389673555 \text{ Nmm} - 327072363 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = 62601192,27 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} > 0$$

Sehingga perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur rangkap.

### **Perencanaan Tulangan Lentur Rangkap**

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{389673555 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (537,5\text{mm})^2}$$

$$= 4,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,823} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 4,52}{400}} \right)$$

$$= 0,0128$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0128 < 0,02032 \text{ (Memenuhi)}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0128 \times 300 \times 536$$

$$= 2067,76 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = A_s + \frac{A_l}{4}$$

$$= 2067,76 \text{ mm}^2 + 164,58 \text{ mm}^2$$

$$= 2232,34 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas tulangan lentur} = \frac{1}{4} \times \pi \times (22)^2$$

$$= 380,132 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D22 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok

**Jumlah tulangan tarik :**

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}}$$

$$n = \frac{2232,34 \text{ mm}^2}{380,132 \text{ mm}^2}$$

$$n = 5,99 \approx 7 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **7-D22**

$$A_{s \text{ pasang}} = n \times A_{s \text{ tulangan tarik}}$$

$$= 7 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2$$

$$= 2660,93 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$A_{s \text{ pasang}} \geq A_{s \text{ perlu}}$$

$$2660,93 \text{ mm}^2 \geq 2277,37 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

**Kontrol Tulangan Tarik**

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 13 \text{ mm}) - (7 \times 22 \text{ mm})}{7 - 1}$$

$$= 6,67 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$6,67 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 2 lapis})$$

Lapis 1 = 4 buah tulangan, spasi 35mm (OK)

Lapis 2 = 3 buah tulangan, spasi 64 mm (OK)

$$C_s' = T = \frac{M_u - M_{nc}}{(d - d'')}$$

$$= \frac{389673555 \text{ Nmm} - 327072363 \text{ Nmm}}{(536 \text{ mm} - 64 \text{ mm})}$$

$$= 132629,64 \text{ N}$$

$$F_s' = \left(1 - \frac{d''}{x}\right) 600$$

$$= \left(1 - \frac{64}{125}\right) 600$$



= 292.8 Mpa < 400 Mpa = Tidak leleh sehingga digunakan nilai  $f_s'$

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{C s'}{f_s' \cdot 0.85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{132629,64}{292,8 \cdot 0.85 \cdot 25} \\ &= 488,417 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y} = \frac{132629,64}{400} = 331,574 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan perlu :

$$A_s' = 488,417 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_s' \text{ perlu} &= A_s' + A_l/4 \\ &= 488,417 \text{ mm}^2 + 164,579 \text{ mm}^2 \\ &= 652,99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s' \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}} \\ &= \frac{652,99 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} \\ &= 1,28 = 3 \text{ buah.} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik **3-D22**

$$\begin{aligned} A_s' \text{ pasang} &= n \times A_{s \text{ tulangan tarik}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 1140,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s' \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 1140,39 \text{ mm}^2 &> 652,99 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

### Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 13 \text{ mm}) - (3 \times 19 \text{ mm})}{3 - 1} \\ &= 64 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$64 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok induk untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 2 lapis = 7-D22

Lapis atas = 3 buah

Lapis bawah = 4 buah

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3-D22

#### Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan}}(+ ) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan}}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **7D22**

$$\begin{aligned} A_{Spasang} &= n \times A_{Stulangan \text{ tarik}} \\ &= 7 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 2660,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **3D22**

$$\begin{aligned} A_{S'pasang} &= n \times A_{Stulangan \text{ tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 1140,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentur \text{ tumpuan}}(+ ) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan}}(-)$$

$$1140,39 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 2660,93 \text{ mm}^2$$

$$1140,39 \text{ mm}^2 \geq 887 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

### Kontrol kemampuan penampang

$A_{s_{pasang}}$  tulangan tarik **7D22** = 2660,93 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{(A_s - A_{s'}) \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{(2660,93 - 1140,39) \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = 95,40 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 300 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 95,40 \text{ mm}$$

$$Cc' = 608212,34 \text{ N}$$

$$Cs' = A_{s'} \times f_s' = 333908,57 \text{ N}$$

d aktual = 514,28 mm

$$Mn = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + Cs' (d - d')$$

$$Mn = 454593150 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi M_{n_{pasang}} > M_u$$

$$0,8 \times 454593150 \text{ Nmm} > 350706200 \text{ Nmm}$$

$$363674520,04 \text{ Nmm} > 350706200 \text{ Nmm} \quad (\text{memenuhi})$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 30/60 dengan bentang 720 m untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = **7D22**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **3D22**

### **DAERAH TUMPUAN KIRI**

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok menggunakan momen terbesar yang di dapat dari SAP2000

$$M_u = 377781700 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{377781700 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 419757444,4 \text{ Nmm}$$

### **Cek momen nominal tulangan lentur rangkap**

Syarat :

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 419757444,4 \text{ Nmm} - 327072363 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = 92685081,16 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} > 0$$

Sehingga perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur rangkap.

### **Perencanaan Tulangan Lentur Rangkap**

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{419757444,4 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (537,5\text{mm})^2}$$

$$= 4,87 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,823} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 4,87}{400}} \right)$$

$$= 0,014$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,014 < 0,02032 \text{ (Memenuhi)}$$

$$C_s' = T = \frac{Mu - Mnc}{(d - d'')} = \frac{92685081,16 \text{ Nmm}}{(536 - 64)}$$

$$= 196366,70 \text{ N}$$

$$F_s' = \left(1 - \frac{d''}{x}\right) 600$$

$$= \left(1 - \frac{64}{125}\right) 600$$

$$= 292,8 \text{ Mpa} < 400 \text{ Mpa} = \text{Tidak leleh sehingga}$$

digunakan nilai  $f_s'$

$$A_s' = \frac{C_s'}{f_s' \cdot 0,85 \cdot f_c'} = \frac{196366,70 \text{ N}}{292,8 \cdot 0,85 \cdot 25}$$

$$= 670,65 \text{ mm}^2$$

Tulangan Tarik Tambahan

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y} = \frac{196366,70 \text{ N}}{400 \text{ Mpa}} = 490,92 \text{ mm}^2$$

Tulangan tarik perlu :

$$A_{sc} = 1693,35 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ perlu}} = A_{sc} + A_{ss}$$

$$= 1693,35 \text{ mm}^2 + 490,92 \text{ mm}^2$$

$$= 2184,28 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur ditambah luasan puntir untuk lentur :

$$A_s = A_s + A_s/4$$

$$= 2184,28 \text{ mm}^2 + 164,579 \text{ mm}^2$$

$$= 2348,86 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan tekan :

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$= \frac{2348,86 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2}$$

$$= 6,18 = 8 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tarik **8-D22**

Tulangan tekan perlu :

$$As'_{\text{perlu}} = 670,65 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned} n &= \frac{As'_{\text{perlu}}}{Luas \text{ tulangan}} \\ &= \frac{670,65 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} \\ &= 1,76 = 3 \text{ buah.} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tekan **3-D22**

$$\begin{aligned} As'_{\text{pasang}} &= n \times As_{\text{tulangan tarik}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 1140,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$As'_{\text{pasang}} > As_{\text{perlu}}$

$$1140,39 \text{ mm}^2 > 670,65 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

### Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{300 \text{ mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 13\text{mm}) - (3 \times 22 \text{ mm})}{3 - 1} \\ &= 59,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$59,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \text{(Susun 1 lapis)}$$

### Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{300 \text{ mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 13\text{mm}) - (8 \times 22 \text{ mm})}{8 - 1} \\ &= 2,57 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$2,57 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \quad \text{(Susun 2 lapis)}$$

Lapis 1 = 4 buah tulangan, spasi 35mm (OK)

Lapis 2 = 4 buah tulangan, spasi 35 mm (OK)  
 Maka dipakai tulangan lentur balok induk untuk daerah tumpuan kanan :  
 Tulangan Lentur Tarik susun 2 lapis = 8-D22  
 Lapis atas = 4 buah  
 Lapis bawah = 4 buah  
 Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3-D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

*(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)*

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **8D22**

$$\begin{aligned} A_{s\text{ pasang}} &= n \times A_{s\text{ tulangan tarik}} \\ &= 8 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 3041,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D22**

$$\begin{aligned} A_{s'\text{ pasang}} &= n \times A_{s\text{ tulangan tekan}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 1140,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$1140,39 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 3041,06 \text{ mm}^2$$

$$1140,39\text{mm}^2 \geq 1013,7 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

**Kontrol kemampuan penampang**

$A_{s_{pasang}}$  tulangan tarik **8D22** = 3041,06 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{(A_s - A_s') \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = 119,257 \text{ mm}$$

$$C c' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$C c' = 0,85 \times 300 \text{ mm} \times 25 \frac{N}{mm^2} \times 119,257 \text{ mm}$$

$$C c' = 760265,42 \text{ N}$$

$$C s' = A_s' \times f_s' = 333908,57 \text{ N}$$

$$d_{aktual} = 512,5 \text{ mm}$$

$$M_n = \left( C c' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + C s' (d - d')$$

$$M_n = 494060415,24 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi M_{n_{pasang}} > M_u$$

$$0,8 \times 494060415,24 \text{ Nmm} > 377781700 \text{ Nmm}$$

$$395248332,19 \text{ Nmm} > 377781700 \text{ Nmm} \text{ (**memenuhi**)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 30/60 dengan bentang 720 m untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = **8D22**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **3D22**

**DAERAH LAPANGAN**

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk menggunakan momen terbesar.

Momen lentur ultimate

$$M_u = 243210200 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :



$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$M_n = \frac{243210200 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 270233555,6 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 270233555,6 \text{ Nmm} - 328088378,9 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -56838807,73 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

### **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{270233555,6 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (536\text{mm})^2}$$

$$= 3,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,82} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 3,13818,82}{400}} \right)$$

$$= 0,0085$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0085 < 0,0203 \text{ (Memenuhi)}$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0085 \times 1000 \times 536$$

$$= 1370,326 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 1442,07 + 164,579 \\ &= 1534,906 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D22 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

### Jumlah tulangan tarik :

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}} \\ n &= \frac{1534,906 \text{ mm}^2}{380,132 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

$$n = 4,03 \approx 5 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **5-D22**

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pasang}}} &= n \times A_{S_{\text{tulangan tarik}}} \\ &= 5 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 1900,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pasang}}} &\geq A_{S_{\text{perlu}}} \\ 1900,66 \text{ mm}^2 &\geq 1534,906 \text{ mm}^2 \text{ (**Memenuhi**)} \end{aligned}$$

### Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned} A_{S'_{\text{perlu}}} &= 0,3 \times A_{S_{\text{pasang}}} \\ (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1}) \\ &= 0,3 \times 1900,66 \text{ mm}^2 \\ &= 570,199 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{S'_{\text{perlu}}}}{\text{Luas tulangan}} \\ n &= \frac{570,199 \text{ mm}^2}{380,132 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

$$n = 1,2 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **2-D22**

$$A_{S'_{\text{pasang}}} = n \times A_{S_{\text{tulangan tekan}}}$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2$$

$$= 760,265 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$A_s'_{\text{pasang}} \geq A_s'_{\text{perlu}}$$

$$760,265 \text{ mm}^2 \geq 570,199 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = mm \quad \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = mm \quad \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

**Kontrol Tulangan Tarik**

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 13\text{mm}) - (5 \times 22\text{mm})}{5 - 1}$$

$$= 21 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$21\text{mm} \leq 25\text{mm} \textbf{(Susun 2 lapis)}$$

Lapis 1 = 2 buah, spasi = 150 mm (OK)

Lapis 1 = 3 buah, spasi = 64 mm (OK)

**Kontrol Tulangan Tekan**

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{300 \text{ mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 13\text{mm}) - (2 \times 22 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$= 150 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$150 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Susun 1 lapis)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 30/60 untuk daerah lapangan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 5-D22

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

*(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)*

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **5D22**

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tarik}} \\ &= 5 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 1900,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D22**

$$\begin{aligned} A_{s'\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 760,265 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$760,265 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1900,66 \text{ mm}^2$$

$$760,265 \text{ mm}^2 \geq 633,6 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 5D22

Tulangan tekan : 2D22

**Kontrol kemampuan penampang**

$$A_{s\text{pasang}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{5D22} = 1900,66 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1900,66 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 20 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 119,25 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 300 \text{ mm} \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 119,25 \text{ mm}$$

$$Cc' = 760265,42 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y$$

$$T = 1900,66 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 760265,42 \text{ N}$$

$$Mn = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left( 760265,42 \text{ N} \times \left( 536 \text{ mm} - \frac{123,19 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 362168657,5 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$0,8 \times 362168657,5 \text{ Nmm} > 243210200 \text{ Nmm}$$

$$289734926 \text{ Nmm} > 243210200 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 30/60 dengan bentang m untuk daerah lapangan adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **5D22**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D22**

### **Perhitungan Tulangan Geser :**

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan lentur balok didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada tumpuan kanan dan tumpuan kiri balok induk. Luasan tulangan tersebut digunakan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan. Berdasarkan hasil SAP 2000, gaya terfaktor geser yaitu  $V_u = 210617,2 \text{ Nmm}$ .

### **Momen Nominal Penampang**

Momen nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri.

1. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan

$$A_s = 2348,86 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 1140,4 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1140,4 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = 71,55 \text{ mm}$$

$$M_{n_l} = A_s' \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{n_l} = 1140,4 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left( 536 \text{ mm} - \frac{71,55 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{n_l} = 228181260,6 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{2348,86 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 147,38 \text{ mm}$$

$$M_{n_R} = A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{n_R} = 2348,86 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left( 536 \text{ mm} - \frac{147,38 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{n_R} = 434360218,7 \text{ Nmm}$$

2. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri

$$A_s = 2348,86 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 1140,4 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1140,4 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = 71,55 \text{ mm}$$

$$Mn_l = As' \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn_l = 1140,4 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left( 536 \text{ mm} - \frac{71,55 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn_l = 228181260,6 \text{ Nmm}$$

#### Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{2348,85 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

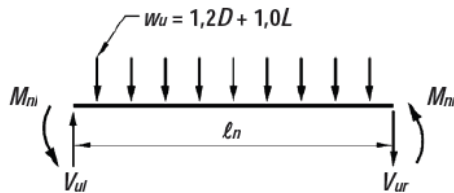
$$a = 147,38 \text{ mm}$$

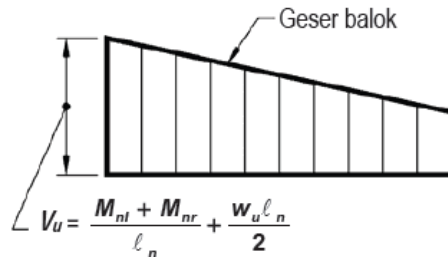
$$Mn_R = As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn_R = 3041,06 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left( 536 \text{ mm} - \frac{147,38 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn_R = 434360218,7 \text{ Nmm}$$

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4**.





Gambar 4. 25 Geser Desain Balok untuk SRPMM

**Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari**

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan

$V_{u1}$  : gaya geser pada muka perletakan

$M_{nl}$  : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

$M_{nr}$  : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

$l_n$  : panjang balok bersih

$$\begin{aligned}
 l_n &= L_{\text{balok}} - 2 \left( \frac{1}{2} \times b_{\text{kolom}} \right) \\
 &= 7200 \text{ mm} - 2 \left( \frac{1}{2} \times 550 \text{ mm} \right) \\
 &= 6650 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{434360218,7 \text{ Nmm} + 228181260,6 \text{ Nmm}}{6550 \text{ mm}} + 21061,71 \text{ N}$$

$$V_{u1} = 310247,5 \text{ N}$$

**Syarat kuat tekan beton ( $F_c'$ )**

Nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa



(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{25} \text{ mpa} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \quad (\text{memenuhi syarat SNI})$$

### Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

$\lambda = 1$  , untuk beton normal

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 300\text{mm} \times 536\text{mm}$$

$$V_c = 134000 \text{ N}$$

### Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times 300\text{mm} \times 536\text{mm}$$

$$V_{s_{\min}} = 53600 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \times 300\text{mm} \times 537,5\text{mm}$$

$$V_{s_{\max}} = 268000 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 2 \times 268000 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 536000 \text{ N}$$

### Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang.

2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke tengah bentang balok.

### **Perhitungan Penulangan Geser Balok**

#### Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 310247,5 \text{ N}$$

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1  $\rightarrow$  Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

$$310247,5 \text{ N} \leq 56950 \text{ N} \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

2. Kondisi Geser 2  $\rightarrow$  tulangan geser minimum

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

$$56950 \text{ N} \leq 310247,5 \text{ N} \leq 113900 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

3. Kondisi Geser 3  $\rightarrow$  tulangan geser minimum

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{min}})$$

$$113900 \text{ N} \leq 310247,5 \text{ N} \leq 1159460 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

4. Kondisi Geser 4  $\rightarrow$  memerlukan tulangan geser

$$\phi(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{max}})$$

$$1159460 \text{ N} \leq 310247,5 \text{ N} \leq 341700 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 4

$$\begin{aligned} V_s \text{ perlu} &= \left( \frac{V_u}{\phi} \right) - V_c = \left( \frac{310247,5 \text{ N}}{0,85} \right) - 134000 \text{ N} \\ &= 230997,06 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser  $\emptyset 13 \text{ mm}$  dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times (13 \text{ mm}^2) \times 2$$

$$A_v = 265,456 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq d/4 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = d/4$$

$$= 536 \text{ mm}/4$$

$$= 134 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 100. mm

Luas penampang geser

$$A_v = \frac{V_{s.s}}{f_y \cdot d} = \frac{230047,76 \text{ N} \cdot 100 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa} \cdot 536 \text{ mm}} = 107,298 \text{ mm}^2$$

Harus ditambah dengan luas akibat puntir

$$A_t/s = 0,347$$

$$\text{Maka } A_t = 34,7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas total} &= A_v + 2A_t \\ &= 107,298 \text{ mm}^2 + 2(34,7) \\ &= 174,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_v \text{ pakai} > A_v \text{ perlu}$$

$$265,456 \text{ mm}^2 > 310247,5 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Kontrol :

$$S < S_{\text{maks}}$$

$$100 \text{ mm} < 134 \text{ mm}$$

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/4$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang

d. 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

- |                       |                                |                   |
|-----------------------|--------------------------------|-------------------|
| a. $S_{\text{pakai}}$ | $< d/4$                        |                   |
| 100 mm                | $< 536\text{mm}/4$             |                   |
| 100 mm                | $< 134 \text{ mm}$             | <b>(Memenuhi)</b> |
| b. $S_{\text{pakai}}$ | $< 8 \times D_{\text{lentur}}$ |                   |
| 100 mm                | $< 8 \times 25 \text{ mm}$     |                   |
| 100 mm                | $< 200 \text{ mm}$             | <b>(Memenuhi)</b> |
| c. $S_{\text{pakai}}$ | $< 24 \times D_{\text{geser}}$ |                   |
| 100 mm                | $< 24 \times 13$               |                   |
| 100 mm                | $< 312 \text{ mm}$             | <b>(Memenuhi)</b> |
| d. $S_{\text{pakai}}$ | $< 300 \text{ mm}$             |                   |
| 100 mm                | $< 300 \text{ mm}$             | <b>(Memenuhi)</b> |

Maka, digunakan tulangan geser (senggang) D13-100 mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

#### Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segetiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{V_{u2}}{0,5L_n - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5L_n}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0,5L_n + 2h)}{0,5L_n}$$

$$V_{u2} = \frac{310247,5 \text{ N} \times (0,5 \cdot 6650 \text{ mm} - 1200 \text{ mm})}{0,5 \cdot 6650 \text{ mm}}$$

$$V_{u2} = 1982778,48 \text{ N}$$

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser  $1 \rightarrow$  Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$$

$$1982778,48 \text{ N} \leq 56950 \text{ N} \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

2. Kondisi Geser 2  $\rightarrow$  Tidak memerlukan tulangan geser

$$0,5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$$

$$56950 \text{ N} \leq 1982778,48 \text{ N} \leq 113900 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

3. Kondisi Geser 3  $\rightarrow$  Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi (V_c + V_{s_{min}})$$

$$113900 \text{ N} \leq 1982778,48 \text{ N} \leq 159460 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

4. Kondisi Geser 4  $\rightarrow$  memerlukan tulangan geser

$$\varphi (V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \varphi (V_c + V_{s_{max}})$$

$$159460 \text{ N} \leq 1982778,48 \text{ N} \leq 268000 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 4

$$\begin{aligned} V_s \text{ perlu} &= \left( \frac{V_u}{\phi} \right) - V_c = \left( \frac{1982778,48 \text{ N}}{0.85} \right) - 134000 \text{ N} \\ &= 99268,79 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø13-150 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times (13 \text{ mm})^2 \times 2$$

$$A_v = 265,456 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi tulangan :

$$S_{maks} \leq d/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = d/2$$

$$= 537 \text{ mm}/2$$

$$= 268 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 150 mm

Luas penampang geser

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d} \\ &= \frac{99268,79 \text{ N} \cdot 150 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa} \cdot 536 \text{ mm}} = 57,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Harus ditambah dengan luas akibat puntir

$$A_t/s = 0,347$$

$$\text{Maka } A_t = 41,82 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas total} &= A_v + 2A_t \\ &= 57,52 \text{ mm}^2 + 2(41,82) \\ &= 141,524 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_v \text{ pakai} &> A_v \text{ perlu} \\ 265,456 \text{ mm}^2 &> 141,524 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$S < S_{\text{maks}}$$

$$150 \text{ mm} < 265,465 \text{ mm}$$

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

a.  $d/2$

b. Delapan kali diameter tulangan longitudinal

c. 24 kali diameter sengkang

d. 300 mm

*(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))*

Cek persyaratan :

- a.  $S_{pakai} < d/4$   
 $150 \text{ mm} < 536 \text{ mm}/2$   
 $150 \text{ mm} < 268 \text{ mm}$  **(Memenuhi)**
- b.  $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$   
 $150 \text{ mm} < 8 \times 22 \text{ mm}$   
 $150 \text{ mm} < 176 \text{ mm}$  **(Memenuhi)**
- c.  $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$   
 $150 \text{ mm} < 24 \times 13$   
 $150 \text{ mm} < 312 \text{ mm}$  **(Memenuhi)**
- d.  $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$   
 $150 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$  **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) D13 – 125 mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

### Perhitungan Panjang Penyaluran

1. Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

$l_d$  = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

$d_b$  = Diameter tulangan

$\Psi_t$  = factor lokasi penulangan = 1

$\Psi_e$  = Faktor pelapis = 1

$\lambda$  = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{25}} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_d = 1035,29 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$1035,29 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Reduksi panjang penyaluran :

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{2348,85 \text{ mm}^2}{3014,06 \text{ mm}^2} \times 1035,29 \text{ mm}$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = 799,641 \text{ mm}$$

2. Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 422,4 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 0,043 \times f_y \times d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \times 400 \text{ Mpa} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 378,4 \text{ mm}$$

Diambil nilai terbesar,  $l_{dc} = 422,4 \text{ mm}$

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_{d \text{ c}}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{670,65 \text{ mm}^2}{1140,39 \text{ mm}^2} \times 422,4 \text{ mm}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = 248,407 \text{ mm}$$



3. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 422,4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 8d_b &= 8 \times 25 \text{ mm} \\ &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

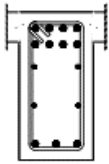
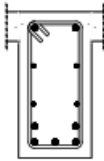
$$422,4 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

$$l_{dh} > 8d_b$$

$$422,4 \text{ mm} > 200 \text{ mm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Untuk penulangan tipe balok B1, tipe penulangan dibedakan menurut bentangnya dengan menggunakan cara dan metode yang sama. Rekapen penulangan untuk balok B1 adalah sbb :

Tabel 4. 25. Hasil Penulangan Balok B1A

Balok B1A		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Balok B1A		
Dimensi	300x600	300x600
Tulangan Lentur Atas	8D22	2D22

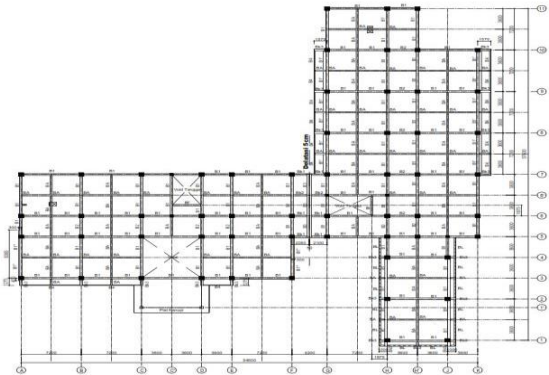
Tulangan Torsi	4Ø12	4Ø12
Tulangan Lentur Bawah	3D22	5D22
Sengkang	Ø13-100	Ø13-125

Tabel 4. 26. Rekapitulasi Tulangan Balok B1

Tipe Balok	Dimensi	Bentang (cm)	Torsi	Lentur				Geser	
				Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
				Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
B1A	300 x 600	720	4Ø12	8D22	3D22	5D22	2D22	Ø13-100	Ø13-125
B1B	300 x 600	360	4Ø12	6D22	2D22	3D22	2D22	Ø13-100	Ø13-150
B1C	300 x 600	510	4Ø12	6D19	2D19	3D19	2D19	Ø13-100	Ø13-150

2. Balok Anak (B2)

Perhitungan tulangan balok B1 (25x45) cm pada elevasi ± 4 m. Berikut ini adalah data perencanaan balok berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.



Gambar 4. 26. Denah Perencanaan Balok B2A

- Data-data perencanaan :
- Tipe balok : B2

- Bentang balok (L) : 720 mm
- Dimensi balok ( $B_{\text{balok}}$ ) : 250 mm
- Dimensi balok ( $H_{\text{balok}}$ ) : 450 mm
- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser ( $f_{ys}$ ) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir ( $f_{yt}$ ) : 400 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) : 19 mm
- Diameter tulangan geser ( $\phi$ ) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir (D) : 13 mm
- Spasi antar tulangan sejajar : 25 mm

**(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)**

- Tebal selimut beton (decking) : 20 mm  
**(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))**
- Faktor  $\beta_1$  : 0,85  
**(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)**
- Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\phi$ ) : 0,9  
**(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)**
- Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ ) : 0,75  
**(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)**
- Faktor reduksi kekuatan torsi ( $\phi$ ) : 0,75  
**(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)**

### **Perhitungan Tulangan balok :**

- Tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} dx &= h - t_{\text{decking}} - \phi_{\text{tulangan geser}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 9,5 \text{ mm} \\ &= 390,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

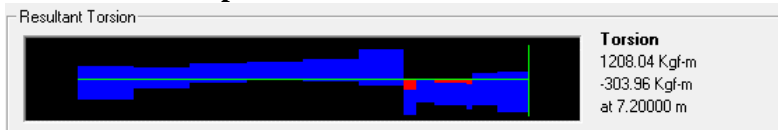
$$\begin{aligned} d'' &= h - d \\ &= 450 \text{ mm} - 390,5 \text{ mm} \\ &= 59,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

### **Hasil Output SAP 2000 :**

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu struktur SAP 2000, maka didapatkan hasil perhitungan

struktur dan diagram gaya dalam. Hasil dari program bantu struktur SAP 2000 dapat digunakan pada proses perhitungan penulangan balok.

#### ➤ Hasil Output Torsi

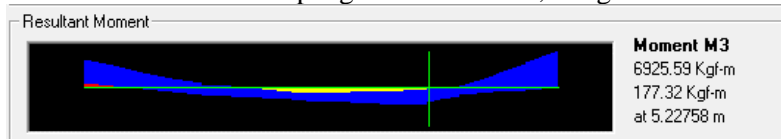


Gambar 4. 27. Output Torsi Balok B2A

Kombinasi : 1,2D-1Ex-0,3Ey+1L  
Momen Puntir : 1208,04 kg-m

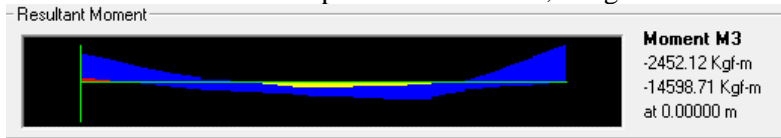
#### ➤ Hasil Output Momen Lentur

Kombinasi : 1,2D+1,6L+0,5R  
Momen Lentur Lapangan : 6925,59 kg-m



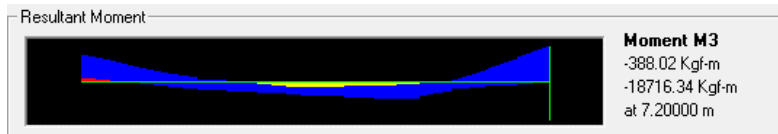
Gambar 4. 28. Output Momen Lapangan Balok B2A

Kombinasi : 1,2D+0,3Ex+1Ey+1L  
Momen Lentur Tumpuan Kiri : 14598,71 kg-m



Gambar 4. 29. Output Momen Tumpuan Kiri Balok B2A

Kombinasi : 1,2D-0,3Ex+1Ey+1L  
Momen Lentur Tumpuan Kanan : 18716,34 kg-m

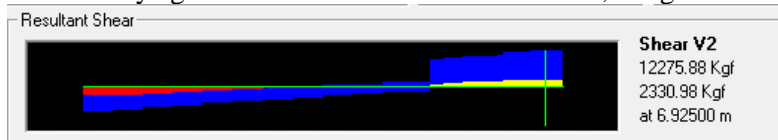


Gambar 4. 30. Output Momen Tumpuan Kanan Balok B2A

➤ **Hasil Output Diagram Gaya Geser**

Kombinasi : 1,2D-0,3Ex+1Ey+1L

Gaya geser : 12275,88 kg



Gambar 4. 31. Output Gaya Geser Balok B2A

- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$A_{cp} = 250 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 112.500 \text{ mm}^2$$

Parameter luas irisan penampang beton  $A_{cp}$ :

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$P_{cp} = 2 \times (250 \text{ mm} + 450 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 1.400 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser})$$

$$A_{oh} = (250\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm}) \times (450\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10 \text{ mm})$$

$$A_{oh} = 57600 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_{oh} = 2 \times [(b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})]$$

$$P_{oh} = 2 \times [(250\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm}) + (450\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm})]$$

$$P_{oh} = 1040 \text{ mm}$$

### **Perhitungan Tulangan Puntir :**

Berdasarkan hasil analisa struktur SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar akibat kombinasi Envelope

Momen puntir ultimate :

$$T_u = 1,2 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{1,2 \times 10^7 \text{ Nmm}}{0,75} = 1,6 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

$$T_u \text{ min} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))

$$= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{25} \left( \frac{11200^2}{1400} \right)$$

$$= 2.813.756 \text{ Nmm}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal  $T_u$  dapat diambil sebesar :

$$T_u \text{ max} = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))

$$= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{25} \left( \frac{11200^2}{1400} \right)$$

$$= 4.474.888 \text{ Nmm}$$

Cek pengaruh momen puntir

$T_u < T_u \text{ min}$  , maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_u \text{ min}$  , maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi :

$$Tu > Tu_{min}$$

$$12080400 \text{ Nmm} > 2.813.756 \text{ Nmm}$$

(Memerlukan tulangan puntir)

➤ Tulangan puntir untuk lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan (*SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7*) direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$Al = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \emptyset$$

Dengan  $A_t/s$  dihitung sesuai dengan (*SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6*) berasal dari persamaan berikut

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt} \times \cot \emptyset}$$

$$\begin{aligned} \text{Dengan } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 0,85 \times 57600 \text{ mm}^2 \\ &= 48960 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \emptyset}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{1,6 \times 10^7 \text{ Nmm}}{2 \times 48960 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Nmm} \times \cot 45}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,411 \text{ mm}$$

Sehingga Tulangan puntir untuk lentur :

$$Al = \frac{A_t}{s} \times P_{oh} \times \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \emptyset$$

$$Al = 0,347 \text{ mm} \times 1040 \text{ mm} \times \left( \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times \cot^2 45$$

$$Al = 427,68 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan (*SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3*) tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\frac{A_t}{s} \geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}}$$

$$0,411 \text{ mm} \geq \frac{0,175 \times 300 \text{ mm}}{400}$$

$$0,411 \text{ mm} \geq 0,109 \text{ mm}$$

Maka nilai  $A_t/s$  diambil = 0,411 mm

Cek nilai  $A_l$  min dengan persamaan :

$$\left( \frac{0,42 \times \sqrt{f'c'} \times A_{cp}}{F_y} - \frac{A_t}{s} \right) \times P_{oh} \times \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Maka nilai  $A_{lmin}$  :

$$\left( \frac{0,42 \times \sqrt{25} \text{ Mpa} \times 112500 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} - 0,334 \text{ mm} \right) \times 1040 \text{ mm} \times \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{lmin} = 162,942 \text{ mm}^2$$

Kontrol penggunaan  $A_l$  dengan 2 kondisi yakni

$A_{lperlu} \leq A_{lmin}$  Maka menggunakan  $A_{lmin}$

$A_{lperlu} \geq A_{lmin}$  Maka menggunakan  $A_{lperlu}$

Maka ;

$$A_{lperlu} \leq A_{lmin}$$

$$427,68 \text{ mm}^2 > 162,942 \text{ mm}^2$$

Sehingga yang digunakan nilai  $A_l$  min sebesar  $427,68 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga :

$$\frac{A_l}{4} = \frac{427,68 \text{ mm}^2}{4} = 106,92 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok
  - Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok
- Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar 164,58 mm. Pada sisi kanan dan sisi kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 213,84 \text{ mm}^2$$



$$n = \frac{Al}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{213,84 \text{ mm}^2}{0,25 \pi 13 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,6 \approx 2 \text{ Buah}$$

Kontrol Al pasang > Al perlu

$$\begin{aligned} \text{Al pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{Luasan D puntir} \\ &= 2 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times (13 \text{ mm})^2\right) \\ &= 256,46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka Al pasang} &> \text{Al perlu} \\ &= 256,46 \text{ mm}^2 > 213,84 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Sehingga tulangan puntir ditumpuan kiri, kanan dan lapangan dipasang sebesar **2Ø13**

### **Perhitungan Tulangan Lentur :**

#### **Garis Netral Dalam Kondisi Balance**

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600 + 400} \times 390,5 \text{ mm} \\ &= 243,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### **Garis Netral Maksimum**

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 243,3 \text{ mm} \\ &= 175,73 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### **Garis Netral Minimum**

$$\begin{aligned} X_{min} &= d'' \\ &= 59,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### **Garis Netral Rencana (Asumsi)**

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$C_c' = 0,85 \times 25 \frac{N}{mm^2} \times 250mm \times 0,85 \times 150mm$$

$$C_c' = 677.343,75 \text{ N}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$Asc = \frac{C_c'}{f_y} = \frac{677.343,75 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}}$$

$$Asc = 1693 \text{ mm}^2$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$Mnc = Asc \times f_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right)$$

$$Mnc = 1693,359 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{N}{mm^2} \times \left( 390,5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 150mm}{2} \right)$$

$$Mnc = 221322070 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_b = \left( \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \left( \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \right) \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,027$$

$$= 0,0203$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{f_y}{0,85 \times 25}$$

$$= 18,823$$

**DAERAH TUMPUAN KANAN**

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan sloof menggunakan momen terbesar yang di dapat dari SAP2000.

$$M_u = 187163400 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{187163400 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 207959333,3 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 207959333,3 \text{ Nmm} - 221322070 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -13362736,98 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

**Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{49.139.888,9 \text{ Nmm}}{250\text{mm} \times (409,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 5,45 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,823} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 5,45}{400}} \right)$$

$$= 0,016$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,016 < 0,02032 \text{ (**Memenuhi**)}$$

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,016 \times 250 \times 412 \\ &= 1568,56 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 1568,56 + 106,921 \\ &= 1675,48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (19)^2 \\ &= 285,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok

**Jumlah tulangan tarik :**

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{\text{Luas tulangan}} \\ n &= \frac{1675,48 \text{ mm}^2}{285,53 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

$$n = 5,9 \approx 7 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **6-D19**

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tarik}} \\ &= 7 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 1984,70 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &\geq A_{s\text{perlu}} \\ 1984,70 \text{ mm}^2 &\geq 1675,48 \text{ mm}^2 \text{ (**Memenuhi**)} \end{aligned}$$

**Jumlah tulangan tekan :**

$$\begin{aligned} A_{s'\text{perlu}} &= 0,3 \times A_{s\text{pasang}} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1}) \\ &= 0,3 \times 1984,70 \text{ mm}^2 \\ &= 595,41 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{As' \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{595,41 \text{ mm}^2}{283,53 \text{ mm}^2}$$

$$n = 2,1 \approx 3 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **3-D19**

$$\begin{aligned} As'_{\text{pasang}} &= n \times As_{\text{tulangan tekan}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 850,58 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$As'_{\text{pasang}} \geq As'_{\text{perlu}}$$

$$850,58 \text{ mm}^2 \geq 595,41 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

**Kontrol Tulangan Tarik**

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (7 \times 19 \text{ mm})}{7 - 1} \\ &= 2,83 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$2,83 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 2 lapis})$$

**Kontrol Tulangan Tekan**

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 20 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (3 \times 19 \text{ mm})}{2 - 1} \\ &= 46,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$46,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok anak 25/45 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 2 lapis = 7-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **6D19**

$$\begin{aligned} A_{spasang} &= n \times A_{Stulangan\ tarik} \\ &= 7 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19\text{ mm})^2 \\ &= 1984,7\text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **3D19**

$$\begin{aligned} A_{s'pasang} &= n \times A_{Stulangan\ tekan} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19\text{ mm})^2 \\ &= 850,8\text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$850,8\text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1984,7\text{ mm}^2$$

$$850,8\text{ mm}^2 \geq 661,6\text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 7-D19

Tulangan tekan : 3-D19

**Kontrol kemampuan penampang**

$A_{spasang}$  tulangan tarik **7D19** = 1984,7 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1984,7 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 149,43 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 149,43 \text{ mm}$$

$$Cc' = 793880,46 \text{ N}$$

$$T = A_{spakai} \times f_y$$

$$T = 1984,70 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 793880,46 \text{ N}$$

$$d_{aktual} = 367,285 \text{ mm}$$

$$Mn = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left( 680468,96 \text{ N} \times \left( 367,285 \text{ mm} - \frac{149,43 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 250693032,5 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi Mn_{pasang} > Mu$$

$$0,8 \times 250693032,5 \text{ Nmm} > 187163400 \text{ Nmm}$$

$$200554426,01 \text{ Nmm} > 187163400 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok anak 25/45 dengan bentang 720 m untuk daerah tumpuan kanan adalah:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = **7D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **3D19**

### **DAERAH TUMPUAN KIRI**

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri balok menggunakan momen terbesar yang di dapat dari SAP2000.

Momen lentur ultimate

$$M_u = 145987100 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{145987100 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 162207888,9 \text{ Nmm}$$

### **Cek momen nominal tulangan lentur rangkap**

Syarat :

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 162207888,9 \text{ Nmm} - 221322070,3 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -59114181,41 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

### **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{162207888,9 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \times (412 \text{ mm})^2}$$

$$= 2,71 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right)$$



$$= \frac{1}{18,823} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.18,823.2,71}{400}} \right)$$

$$= 0,011$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,011 < 0,02032 \text{ (Memenuhi)}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,011 \times 250 \times 409,5$$

$$= 1170,56 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = A_s + \frac{Al}{4}$$

$$= 1170,56 + 106,92$$

$$= 1277,48 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas tulangan lentur} = \frac{1}{4} \times \pi \times (19)^2$$

$$= 283,53 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan sloof.

**Jumlah tulangan tarik :**

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{1277,48 \text{ mm}^2}{283,53 \text{ mm}^2}$$

$$n = 4,5 \approx 5 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **5-D19**

$$A_{s_{\text{pasang}}} = n \times A_{s_{\text{tulangan tarik}}}$$

$$= 5 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2$$

$$= 1417,64 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$A_{s_{\text{pasang}}} \geq A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$1417,64 \text{ mm}^2 \geq 1277,48 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

**Jumlah tulangan tekan :**

$$\begin{aligned}
 A_s'_{\text{perlu}} &= 0,3 \times A_{s_{\text{pasang}}} \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)} \\
 &= 0,3 \times 1417,64 \text{ mm}^2 \\
 &= 425,29 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_s'_{\text{perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{425,29 \text{ mm}^2}{283,53 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,5 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **2-D19**

$$\begin{aligned}
 A_s'_{\text{pasang}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tekan}}} \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\
 &= 567,05 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned}
 A_s'_{\text{pasang}} &\geq A_s'_{\text{perlu}} \\
 567,05 \text{ mm}^2 &\geq 425,29 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

**Kontrol Tulangan Tarik**

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (5 \times 19 \text{ mm})}{5 - 1} \\
 &= 13,75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$13,75 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Susun 2 lapis)}$$

$$\text{Lapis 1} = 2 \text{ buah, spasi} = 106 \text{ mm (OK)}$$

$$\text{Lapis 2} = 3 \text{ buah, spasi} = 43,5 \text{ mm (OK)}$$

### Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 19\text{mm})}{2 - 1} \\
 &= 106\text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$106\text{ mm} \geq 25\text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok anak 25/45 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan Lentur Tarik susun 2 lapis = 5D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D19

### Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}}(+)\geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}}(-)$$

*(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)*

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **5D19**

$$\begin{aligned}
 A_{\text{pasang}} &= n \times A_{\text{stulangan tarik}} \\
 &= 5 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19\text{ mm})^2 \\
 &= 1417,64\text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{pasang}}' &= n \times A_{\text{stulangan tarik}} \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19\text{ mm})^2 \\
 &= 567,05\text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$567,05 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} 1417,64 \text{ mm}^2$$

$$567,05 \text{ mm}^2 \geq 472,5 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 5D19

Tulangan tekan : 2D19

### Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{\text{pasang}}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{5D19} = 1417,64 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1417,64 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 106,74 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 106,74 \text{ mm}$$

$$Cc' = 567057,474 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y$$

$$T = 1417,64 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 567057,474 \text{ N}$$

$$Mn = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left( 567057,474 \text{ N} \times \left( 409,5 \text{ mm} - \frac{106,74 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 191172020,9 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\emptyset. Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$0,8 \text{ } 191172020,9 \text{ Nmm} > 145987100 \text{ Nmm}$$

$$152937616,7 \text{ Nmm} > 145987100 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok anak 25/45 dengan bentang 720 cm untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **5D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

### **DAERAH LAPANGAN**

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk menggunakan momen terbesar.

Momen lentur ultimate

$$M_u = 69255900 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{69255900 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 76951000 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 76951000 \text{ Nmm} - 221322070,3 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -144371070,3 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

### **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{76951000 \text{ Nmm}}{250\text{mm} \times (409,5 \text{ mm})^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2,01 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{18,82} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 2,01 \cdot 18,82}{400}} \right) \\
 &= 0,0053
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\
 0,0035 &< 0,0053 < 0,0203 \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0053 \times 250 \times 409,5 \\
 &= 518,57 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= A_s + A_l/4 \\
 &= 518,57 + 106,92 \\
 &= 625,49 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

**Jumlah tulangan tarik :**

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}} \\
 n &= \frac{625,49 \text{ mm}^2}{283,52 \text{ mm}^2}
 \end{aligned}$$

$$n = 2,3 \approx 3 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **3-D19**

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pasang}}} &= n \times A_{S_{\text{tulangan tarik}}} \\
 &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\
 &= 850,58 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pasang}}} &\geq A_{S_{\text{perlu}}} \\
 850,58 \text{ mm}^2 &\geq 625,49 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

**Jumlah tulangan tekan :**

$$\begin{aligned}
 A_s'_{\text{perlu}} &= 0,3 \times A_{s_{\text{pasang}}} \\
 &= 0,3 \times 850,58 \text{ mm}^2 \\
 &= 255,175 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$n = \frac{A_s'_{\text{perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{255,175 \text{ mm}^2}{283,53 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0.9 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan 2-D19

$$\begin{aligned}
 A_s'_{\text{pasang}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tekan}}} \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\
 &= 567,057 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned}
 A_s'_{\text{pasang}} &\geq A_s'_{\text{perlu}} \\
 567,057 \text{ mm}^2 &\geq 255,175 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = mm \quad \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = mm \quad \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

**Kontrol Tulangan Tarik**

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 20\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 19 \text{ mm})}{3 - 1} \\
 &= 46,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$46,5 \text{ mm} \geq 25\text{mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

**Kontrol Tulangan Tekan**

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 20 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$= 112 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$112 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok anak 25/45 untuk daerah lapangan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D19

#### Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **3D16**

$$A_{s\text{pasang}} = n \times A_{s\text{tulangan tarik}}$$

$$= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2$$

$$= 850,58 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan **2D19**

$$A_{s'\text{pasang}} = n \times A_{s\text{tulangan tekan}}$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2$$

$$= 567,06 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$



$$567,06 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 850,58 \text{ mm}^2$$

$$567,06 \text{ mm}^2 \geq 283,5 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 3D19

Tulangan tekan : 2D19

### Kontrol kemampuan penampang

$A_{s_{pasang}}$  tulangan tarik **3D16** = 603,19 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{850,58 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 64,04 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 64,04 \text{ mm}$$

$$Cc' = 340234,48 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{pakai}} \times f_y$$

$$T = 850,58 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 340234,48 \text{ N}$$

$$Mn = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left( 340234,48 \text{ N} \times \left( 410,5 \text{ mm} - \frac{64,04 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 121966554 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$Mn_{pasang} > Mu$$

$$0,8 \times 121966554 \text{ Nmm} > 69255900 \text{ Nmm}$$

$$97573243,18 \text{ Nmm} > 69255900 \text{ Nmm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok anak 25/45 dengan bentang 7,2 m untuk daerah lapangan adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **3D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

### **Perhitungan Tulangan Geser :**

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan lentur balok didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada tumpuan kanan dan tumpuan kiri balok induk. Luasan tulangan tersebut digunakan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan. Berdasarkan hasil SAP 2000, gaya terfaktor geser terbesar diperoleh  $V_u = 122758,8 \text{ N}$

### **Momen Nominal Penampang**

Momen nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri.

1. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan

$$A_s = 1984,7 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 850,586 \text{ mm}^2$$

### **Momen nominal tumpuan kiri**

$$a = \frac{A_s' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{850,586 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 38,42 \text{ mm}$$

$$M_{n_l} = A_s' \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{n_l} = 850,596 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N} / \text{mm}^2 \times \left( 409,5 \text{ mm} - \frac{38,42 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{n_l} = 75794735,31 \text{ Nmm}$$

### **Momen nominal tumpuan kanan**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1984,7 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 89,66 \text{ mm}$$

$$M_{n_R} = A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn_R = 1984,7 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N} \\ / \text{mm}^2 \times \left( 409,5 \text{ mm} - \frac{89,66 \text{ mm}}{2} \right) \\ Mn_R = 164651968,7 \text{ Nmm}$$

2. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri

$$As = 1417,64 \text{ mm}^2$$

$$As' = 850,586 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} \\ a = \frac{1984,7 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm}} \\ a = 89,66 \text{ mm}$$

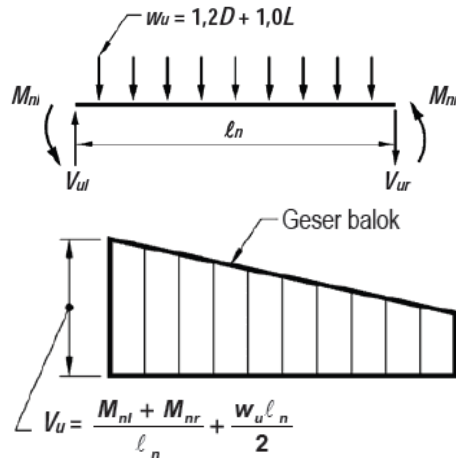
$$Mn_l = As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ Mn_l = 1984,7 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N} \\ / \text{mm}^2 \times \left( 409,5 \text{ mm} - \frac{89,66 \text{ mm}}{2} \right) \\ Mn_l = 164651968,7 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As' \times fy}{0,85 \times fc' \times b} \\ a = \frac{850,586 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 250 \text{ mm}} \\ a = 38,42 \text{ mm}$$

$$Mn_r = As' \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ Mn_r = 850,596 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N} \\ / \text{mm}^2 \times \left( 409,5 \text{ mm} - \frac{38,42 \text{ mm}}{2} \right) \\ Mn_r = 75794735,31 \text{ Nmm}$$

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4*.



Gambar 4. 32 Geser Desain Balok untuk SRPMM  
**Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari**

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan

$V_{u1}$  : gaya geser pada muka perletakan

$M_{nl}$  : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

$M_{nr}$  : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

$l_n$  : panjang balok bersih

$$\begin{aligned} l_n &= L_{\text{balok}} - 2 \left( \frac{1}{2} \times b_{\text{kolom}} \right) \\ &= 7200 \text{ mm} - 2 \left( \frac{1}{2} \times 550 \text{ mm} \right) \\ &= 6550 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{75794735,31 \text{ Nmm} + 164651968,7 \text{ Nmm}}{6550 \text{ mm}} + 122758,8 \text{ N}$$

$$V_{u1} = 158916,20 \text{ N}$$

### Syarat kuat tekan beton ( $F_c'$ )

Nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa  
(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{25 \text{ mpa}} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \quad (\text{memenuhi syarat SNI})$$

### Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

$\lambda = 1$ , untuk beton normal

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 300 \text{ mm} \times 409,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 81354,17 \text{ N}$$

### Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times 250 \text{ mm} \times 409,5 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\min}} = 32541,67 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 409,5 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\max}} = 162708,33 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 2 \times 162708,33 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 325416,67 \text{ N}$$

### **Pembagian Wilayah Geser Balok**

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang.
2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke tengah bentang balok.

### **Perhitungan Penulangan Geser Balok**

Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 158916,20 \text{ N}$$

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$$

$$158916,20 \geq 34575,52 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

2. Kondisi Geser 2 → Tulangan geser minimum

$$0,5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$$

$$34575,52 \text{ N} \leq 158916,20 \text{ N} \geq 69151,04$$

**(Tidak Memenuhi)**

3. Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi (V_c + V_{s_{\min}})$$

$$69151,04 \text{ N} \leq 158916,20 \text{ N} \leq 96811,46 \text{ N}$$

4. Kondisi Geser 4 → memerlukan tulangan geser

$$\varphi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \varphi (V_c + V_{s_{\max}})$$

$$96811,46 \leq 158916,20 \text{ N} \leq 207453,13 \text{ N}$$

**Memenuhi**

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 4

$$V_s \text{ perlu} = \left( \frac{Vu}{\phi} \right) - V_c = \left( \frac{158916,20 \text{ N}}{0.85} \right) - 81354,17 \text{ N} \\ = 105606,07 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø13 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times (13 \text{ mm}^2) \times 2$$

$$A_v = 265,465 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq d/4 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = d/4$$

$$= 409,5 \text{ mm}/4$$

$$= 98 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 95 mm

Luas penampang geser

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d} \\ = \frac{105606,07 \text{ N} \cdot 95 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa} \cdot 536 \text{ mm}} = 108,14 \text{ mm}^2$$

Harus ditambah dengan luas akibat puntir

$$A_t/s = 0,422$$

$$\text{Maka } A_t = 40,14 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas total} &= A_v + 2A_t \\ &= 108,14 \text{ mm}^2 + 2(40,14) \\ &= 188,44 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_v \text{ pakai} > A_v \text{ perlu}$$

$$265,465 \text{ mm}^2 > 188,44 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Kontrol :

$$S < S_{maks}$$

$$95 \text{ mm} < 134 \text{ mm}$$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/4$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

*(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))*

Cek persyaratan :

- |                |                            |                   |
|----------------|----------------------------|-------------------|
| a. $S_{pakai}$ | $< d/4$                    |                   |
| 95 mm          | $< 409,5 \text{ mm}/4$     |                   |
| 95 mm          | $< 98 \text{ mm}$          | <b>(Memenuhi)</b> |
| b. $S_{pakai}$ | $< 8 \times D_{lentur}$    |                   |
| 95 mm          | $< 8 \times 19 \text{ mm}$ |                   |
| 95 mm          | $< 152 \text{ mm}$         | <b>(Memenuhi)</b> |
| c. $S_{pakai}$ | $< 24 \times D_{geser}$    |                   |
| 95 mm          | $< 24 \times 13$           |                   |
| 95 mm          | $< 312 \text{ mm}$         | <b>(Memenuhi)</b> |
| d. $S_{pakai}$ | $< 300 \text{ mm}$         |                   |
| 100 mm         | $< 300 \text{ mm}$         | <b>(Memenuhi)</b> |

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) D13-95mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

Wilayah 2 (Daerah Lapangan)



Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segetiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{V_{u2}}{0,5Ln - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5Ln}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0,5Ln + 2h)}{0,5Ln}$$

$$V_{u2} = \frac{158916,20 \text{ N} \times (0,5 \cdot 6550 \text{ mm} - 1000 \text{ mm})}{0,5 \cdot 6550 \text{ mm}}$$

$$V_{u2} = 115901 \text{ N}$$

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$$

$$115901 \text{ N} \leq 36.479,2 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

2. Kondisi Geser 2 → Memerlukan tulangan geser minimum

$$0,5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$$

$$34575,52 \text{ N} \leq 115901 \text{ N} \leq 69151,04 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

3. Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi(V_c + V_{smin})$$

$$69151,04 \text{ N} \leq 115901 \text{ N} \leq 96811,46 \text{ N}$$

4. Kondisi Geser 4 → memerlukan tulangan geser

$$\varphi(V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \varphi(V_c + V_{smax})$$

$$96811,46 \leq 115901 \text{ N} \leq 207453,13 \text{ N}$$

**Memenuhi**

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 4

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ perlu} &= \left( \frac{V_u}{\phi} \right) - V_c = \left( \frac{115901 \text{ N}}{0.85} \right) - 81354,17 \text{ N} \\
 &= 55000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 2$$

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq d/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = d/2$$

$$= 409,5 \text{ mm}/4$$

$$= 195,25 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 125 mm

Luas penampang geser

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d} \\
 &= \frac{55000 \text{ N} \cdot 95 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa} \cdot 536 \text{ mm}} = 88,03 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Harus ditambah dengan luas akibat puntir

$$A_t/s = 0,411$$

$$\text{Maka } A_t = 61,685 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas total} &= A_v + 2A_t \\
 &= 79,21 \text{ mm}^2 + 2(61,685) \\
 &= 202,584 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$A_v \text{ pakai} > A_v \text{ perlu}$

$$157,08 \text{ mm}^2 > 88,03 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Kontrol :

$$S < S_{maks}$$

$$125 \text{ mm} < 195,25 \text{ mm}$$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/2$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

*(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))*

Cek persyaratan :

- |                |                            |                   |
|----------------|----------------------------|-------------------|
| a. $S_{pakai}$ | $< d/2$                    |                   |
| 125 mm         | $< 409,5 \text{ mm}/2$     |                   |
| 125 mm         | $< 195,25 \text{ mm}$      | <b>(Memenuhi)</b> |
| b. $S_{pakai}$ | $< 8 \times D_{lentur}$    |                   |
| 125 mm         | $< 8 \times 22 \text{ mm}$ |                   |
| 125 mm         | $< 152 \text{ mm}$         | <b>(Memenuhi)</b> |
| c. $S_{pakai}$ | $< 24 \times D_{geser}$    |                   |
| 125 mm         | $< 24 \times 10$           |                   |
| 125 mm         | $< 240 \text{ mm}$         | <b>(Memenuhi)</b> |
| d. $S_{pakai}$ | $< 300 \text{ mm}$         |                   |
| 125 mm         | $< 300 \text{ mm}$         | <b>(Memenuhi)</b> |

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) D10 – 125 mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

### Perhitungan Panjang Penyaluran

1. Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

$l_d$  = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

$d_b$  = Diameter tulangan

$\Psi_t$  = factor lokasi penulangan = 1

$\Psi_e$  = Faktor pelapis = 1

$\lambda$  = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{25}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 723,81 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$723,81 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Reduksi panjang penyaluran :

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{1984,70 \text{ mm}^2}{1675,48 \text{ mm}^2} \times 723,81 \text{ mm}$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = 611,041 \text{ mm}$$

2. Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 364,8 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 0,043 \times f_y \times d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \times 400 \text{ Mpa} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 326,8 \text{ mm}$$

Diambil nilai terbesar,  $l_{dc} = 364,8 \text{ mm}$

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_{dc}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{595,41 \text{ mm}^2}{850,58 \text{ mm}^2} \times 364,8 \text{ mm}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = 255,36 \text{ mm}$$

3. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 364,8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 8d_b &= 8 \times 19 \text{ mm} \\ &= 152 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

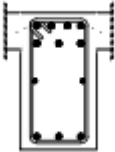
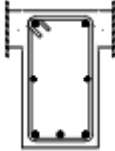
$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$364,8 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

$$l_{dh} > 8d_b$$

$$364,8 \text{ mm} > 152 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

Tabel 4. 27. Hasil Penulangan Balok B2A

Balok B2A		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Balok B2A		
Dimensi	250x450	250x450
Tulangan Lentur Atas	7D19	2D19
Tulangan Torsi	2D13	2D13
Tulangan Lentur Bawah	3D19	3D19
Sengkang	Ø13-95	Ø13-125

Tabel 4. 28. Rekap penulangan Balok Anak (B2)

Tipe Balok	Dimensi	Bentang (cm)	Torsi	Lentur				Geser	
				Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
				Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
B2A	250 x 450	720	2D13	7D19	2D19	3D19	2D19	Ø13-95	Ø13-125
B2B	250 x 450	360	2D13	5D19	2D19	3D19	2D19	Ø13-95	Ø13-125
BK1	250 x 450	150	4Ø10	4D13	2D13	4D13	2D13	Ø10-95	Ø10-95
BK2	250 x 450	100	4Ø10	3D13	2D13	3D13	2D13	Ø10-95	Ø10-95
BK3	250 x 450	193	2D13	4D19	2D19	2D19	2D19	Ø10-95	Ø10-95
BL	251 x 450	360	2D13	4D13	2D13	3D13	2D13	Ø10-95	Ø10-100

### 3. Balok Atap (B3)

Perhitungan tulangan balok B3 (30x50) cm pada elevasi  $\pm 16$ . Berikut ini adalah data perencanaan balok berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.

Data-data perencanaan :

- Tipe balok : B3
- Bentang balok (L) : 720 mm
- Dimensi balok ( $B_{\text{balok}}$ ) : 300 mm
- Dimensi balok ( $H_{\text{balok}}$ ) : 500 mm
- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser ( $f_{ys}$ ) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir ( $f_{yt}$ ) : 400 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) : 19 mm
- Diameter tulangan geser ( $\phi$ ) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir (D) : 12 mm
- Spasi antar tulangan sejajar : 25 mm

**(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)**

- Tebal selimut beton (decking) : 20 mm  
**(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))**

- Faktor  $\beta_1$  : 0,85  
**(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)**

- Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\phi$ ) : 0,9  
**(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)**

- Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ ) : 0,75  
**(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)**

- Faktor reduksi kekuatan torsi ( $\phi$ ) : 0,75  
**(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)**

#### **Perhitungan Tulangan balok :**

- Tinggi efektif balok :

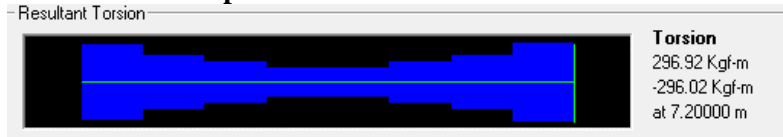
$$d_x = h - t_{\text{decking}} - \phi_{\text{tulangan geser}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 19 \text{ mm} \\
 &= 440,5 \text{ mm} \\
 d'' &= h - d \\
 &= 450 \text{ mm} - 440,5 \text{ mm} \\
 &= 59,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### **Hasil Output SAP 2000 :**

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu struktur SAP 2000, maka didapatkan hasil perhitungan struktur dan diagram gaya dalam. Hasil dari program bantu struktur SAP 2000 dapat digunakan pada proses perhitungan penulangan balok.

#### **➤ Hasil Output Torsi**

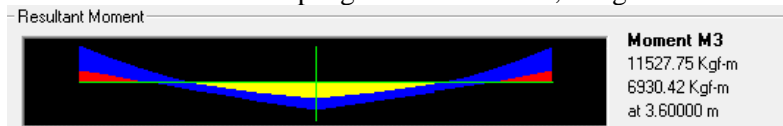


Gambar 4. 33. Output Torsi Balok B3A

Kombinasi	: 1,2D-1Ex-0,3Ey+1L
Momen Puntir	: 296,92 kg-m

#### **➤ Hasil Output Momen Lentur**

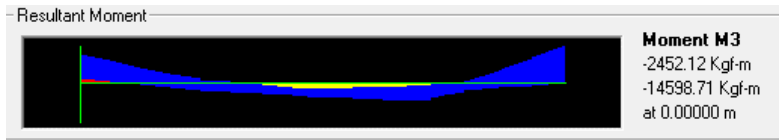
Kombinasi	: 1,2D+1,6L+0,5R
Momen Lentur Lapangan	: 11527,75 kg-m



Gambar 4. 34. Output Momen Lapangan Balok B3A

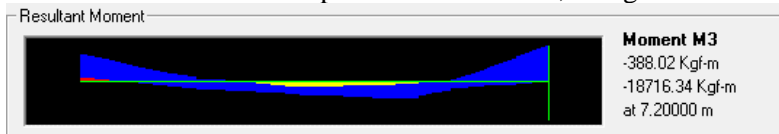
Kombinasi	: 1,2D-1Ex-0.3Ey+1L
Momen Lentur Tumpuan Kiri	: 16116,17 kg-m





Gambar 4. 35. Output Momen Tumpuan Kiri Balok B3A

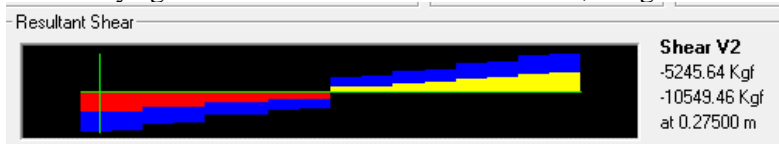
Kombinasi : 1,2D+1Ex-0,3Ey+1L  
 Momen Lentur Tumpuan Kanan : 18716,34 kg-m



Gambar 4. 36. Output Momen Tumpuan Kanan Balok B3A

#### ➤ Hasil Output Diagram Gaya Geser

Kombinasi : 1,2D-1Ex-0,3Ey+1L  
 Gaya geser : 10549,46 kg



Gambar 4. 37. Output Gaya Geser Balok B3A

- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$A_{cp} = 300 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 15000 \text{ mm}^2$$

Parameter luas irisan penampang beton  $A_{cp}$ :

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$P_{cp} = 2 \times (300 \text{ mm} + 500 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 1600 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})$$

$$A_{oh} = (300\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm}) \times (500\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10 \text{ mm})$$

$$A_{oh} = 86100 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_{oh} = 2 \times [(b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})]$$

$$P_{oh} = 2 \times [(300\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm}) + (500\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm})]$$

$$P_{oh} = 1240 \text{ mm}$$

### **Perhitungan Tulangan Puntir :**

Berdasarkan hasil analisa struktur SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar.

Momen puntir ultimate :

$$T_u = 2969200 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{2969200 \text{ Nmm}}{0,75} = 3958933 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

$$T_u \text{ min} = \phi \cdot 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))

$$= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{25} \left( \frac{15000^2}{1600} \right)$$

$$= 4376953 \text{ Nmm}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal  $T_u$  dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned}
 Tu_{\max} &= \phi 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 (\text{SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a)}) \\
 &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{25} \left( \frac{15000^2}{1600} \right) \\
 &= 6960938 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek pengaruh momen puntir

$Tu < Tu_{\min}$  , maka tulangan puntir diabaikan

$Tu > Tu_{\min}$  , maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi :

$$\begin{aligned}
 Tu &> Tu_{\min} \\
 2969200 \text{ Nmm} &> 4376953 \text{ Nmm} \\
 (\text{Tidak memerlukan tulangan puntir})
 \end{aligned}$$

Namun karena merujuk pada SNI 2847-2012 pasal 11.5.6.  
Maka, dipasang tulangan torsi 4-Ø12mm.

### **Perhitungan Tulangan Lentur :**

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$\begin{aligned}
 X_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d \\
 X_b &= \frac{600}{600 + 400} \times 440,5 \text{ mm} \\
 &= 264,3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned}
 X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\
 &= 0,75 \times 264, \text{ mm} \\
 &= 198,225 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned}
 X_{\min} &= d'' \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$C_c' = 0,85 \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 300\text{mm} \times 0,85 \times 150\text{mm}$$

$$C_c' = 812812,5 \text{ N}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$Asc = \frac{C_c'}{f_y} = \frac{812812,5 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}}$$

$$Asc = 2032,03 \text{ mm}^2$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$Mnc = Asc \times f_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right)$$

$$Mnc = 2032,03\text{mm}^2 \times 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left( 440,5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 150\text{mm}}{2} \right)$$

$$Mnc = 306227109,4 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_b = \left( \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \left( \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \right) \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,027$$

$$= 0,0203$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{f_y}{0,85 \times 25}$$

$$= 18,823$$

### **DAERAH TUMPUAN KANAN**

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok menggunakan momen terbesar yang di dapat dari SAP2000.

$$M_u = 153706100 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{153706100 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 170784555,6 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 170784555,6 \text{ Nmm} - 306227109,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -135442553,8 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

### **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{170784555,6 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (439 \text{ mm})^2}$$

$$= 2,93 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,823} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 2,93}{400}} \right)$$

$$= 0,0079$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0079 < 0,02032 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0079 \times 300 \times 440,5$$

$$= 1047,39 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = A_s + \frac{A_l}{4}$$

$$= 1047,39 + 156,188$$

$$= 1203,58 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas tulangan lentur} = \frac{1}{4} \times \pi \times (19)^2$$

$$= 283,53 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok

**Jumlah tulangan tarik :**

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{1203,58 \text{ mm}^2}{283,53 \text{ mm}^2}$$

$$n = 4,24 \approx 5 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **5-D19**

$$A_{S_{\text{pasang}}} = n \times A_{S_{\text{tulangan tarik}}}$$

$$= 5 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2$$

$$= 1417,64 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$A_{S_{\text{pasang}}} \geq A_{S_{\text{perlu}}}$$

$$1417,64 \text{ mm}^2 \geq 1203,58 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

**Jumlah tulangan tekan :**

$$A_{S'_{\text{perlu}}} = 0,3 \times A_{S_{\text{pasang}}} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1})$$

$$= 0,3 \times 1417,64 \text{ mm}^2$$

$$= 425,29 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As' \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{425,29 \text{ mm}^2}{283,53 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,2 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **2-D19**

$$\begin{aligned} As'_{\text{pasang}} &= n \times As_{\text{tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 567,057 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$As'_{\text{pasang}} \geq As'_{\text{perlu}}$$

$$567,057 \text{ mm}^2 \geq 340,23 \text{ mm}^2 \text{ (**Memenuhi**)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

**Kontrol Tulangan Tarik**

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (5 \times 19 \text{ mm})}{5 - 1} \\ &= 26,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$26,25 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (**Susun 1 lapis**)}$$

**Kontrol Tulangan Tekan**

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 20 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 19 \text{ mm})}{2 - 1} \\ &= 162 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$162 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (**Susun 1 lapis**)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok atap 30/50 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 5-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **4D19**

$$\begin{aligned} A_{spasang} &= n \times A_{Stulangan\ tarik} \\ &= 5 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19\text{ mm})^2 \\ &= 1417,64\text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D19**

$$\begin{aligned} A_{s'pasang} &= n \times A_{Stulangan\ tekan} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19\text{ mm})^2 \\ &= 567,057\text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$567,057\text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1417,64\text{ mm}^2$$

$$567,057\text{ mm}^2 \geq 472,5\text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 5-D19

Tulangan tekan : 2-D19



**Kontrol kemampuan penampang**

$As_{pasang}$  tulangan tarik **5D19** = 1417,64 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1417,64 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = 88,9 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 88,9 \text{ mm}$$

$$Cc' = 567057,474 \text{ N}$$

$$T = As_{pakai} \times f_y$$

$$T = 1417,64 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 567057,474 \text{ N}$$

$$Mn = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left( 567057,474 \text{ N} \times \left( 440,5 \text{ mm} - \frac{71,16 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 183690295 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi Mn_{pasang} > Mu$$

$$0,8 \times 183690295 \text{ Nmm} > 153706100 \text{ Nmm}$$

$$146952236 \text{ Nmm} > 153706100 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok atap30/50 dengan bentang 720 m untuk daerah tumpuan kanan adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **5D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

**DAERAH TUMPUAN KIRI**

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri balok menggunakan momen terbesar yang di dapat dari SAP2000.

$$M_u = 161161700 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{161161700 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 179068555,6 \text{ Nmm}$$

#### Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 179068555,6 \text{ Nmm} - 306227109,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -127158583,8 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

#### Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{179068555,6 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (440,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 3,07 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,823} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 3,07}{400}} \right)$$

$$= 0,0083$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0083 < 0,02032 \text{ (Memenuhi)}$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0083 \times 300 \times 440,5$$

$$= 1433,78 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= A_s + \frac{Al}{4} \\ &= 1433,78 + 156,188 \\ &= 1589,97 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (19)^2 \\ &= 283,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok

**Jumlah tulangan tarik :**

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s\text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}} \\ n &= \frac{1589,97 \text{ mm}^2}{283,53 \text{ mm}^2} \\ n &= 5,05 \approx 6 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik **6D19**

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tarik}} \\ &= 6 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 1701,17 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &\geq A_{s\text{perlu}} \\ 1701,17 \text{ mm}^2 &\geq 1433,78 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

**Jumlah tulangan tekan :**

$$\begin{aligned} A_{s'\text{perlu}} &= 0,3 \times A_{s\text{pasang}} \\ &\quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1}) \\ &= 0,3 \times 1701,17 \text{ mm}^2 \\ &= 510,35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s'\text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}} \\ n &= \frac{510,35}{283,53 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

$$n = 1,8 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **2-D19**

$$\begin{aligned}
 As'_{\text{pasang}} &= n \times As_{\text{tulangan tekan}} \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\
 &= 567,057 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$As'_{\text{pasang}} \geq As'_{\text{perlu}}$$

$$567,057 \text{ mm}^2 \geq 510,35 \text{ mm}^2 \text{ (**Memenuhi**)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = mm \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = mm \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

### Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (6 \times 19\text{mm})}{6 - 1} \\
 &= 17,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$17,2 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \text{ (**Susun 2 lapis**)}$$

Lapis atas 2 buah, spasi = 162 mm (OK)

Lapis atas 4 buah, spasi = 31 mm (OK)

### Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 20\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 19\text{mm})}{2 - 1} \\
 &= 162 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

162 mm  $\geq$  25 mm      **(Susun 1 lapis)**

Maka dipakai tulangan lentur balok atap 30/50 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 2 lapis = 6-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

**(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)**

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **6D19**

$$\begin{aligned} A_{s\text{ pasang}} &= n \times A_{s\text{ tulangan tarik}} \\ &= 6 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19\text{ mm})^2 \\ &= 1701,172\text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D19**

$$\begin{aligned} A_{s'\text{ pasang}} &= n \times A_{s\text{ tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19\text{ mm})^2 \\ &= 567,057\text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$567,057\text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1701,17\text{ mm}^2$$

$$567,057\text{ mm}^2 \geq 567,057\text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 4-D19

Tulangan tekan : 2-D19

**Kontrol kemampuan penampang**

$A_{s_{pasang}}$  tulangan tarik **6D19** = 1134,11 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1701,17 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = 106,74 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 106,74 \text{ mm}$$

$$Cc' = 680468,96 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{pakai}} \times f_y$$

$$T = 1134,11 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 680468,96 \text{ N}$$

$$D \text{ aktual} = 426 \text{ mm}$$

$$Mn = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left( 680468,96 \text{ N} \times \left( 426 \text{ mm} - \frac{106,74 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 253563073,4 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi M_{n_{pasang}} > Mu$$

$$0,8 \times 253563073,4 \text{ Nmm} > 161161700 \text{ Nmm}$$

$$202850458,75 \text{ Nmm} > 161161700 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok anak 30/50 dengan bentang 720 m untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = **6D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

**DAERAH TUMPUAN LAPANGAN**

Perhitungan tulangan lentur tumpuan lapangan balok menggunakan momen terbesar yang di dapat dari SAP2000.

$$M_u = 115277500 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{115277500 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 1280866111,1 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 1280866111,1 \text{ Nmm} - 306227109,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -178140998,3 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

#### **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{1280866111,1 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (440,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 2,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,823} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 2,2}{400}} \right)$$

$$= 0,0058$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0058 < 0,02032 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0058 \times 300 \times 440,5 \\
 &= 769,059 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (19)^2 \\
 &= 283,53 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok

**Jumlah tulangan tarik :**

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{769,059 \text{ mm}^2}{283,53 \text{ mm}^2}$$

$$n = 2,71 \approx 4 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **3D19**

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tarik}} \\
 &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\
 &= 1134,11 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pasang}} &\geq A_{s\text{perlu}} \\
 1134,11 \text{ mm}^2 &\geq 769,059 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

**Jumlah tulangan tekan :**

$$\begin{aligned}
 A_{s'\text{perlu}} &= 0,3 \times A_{s\text{pasang}} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1}) \\
 &= 0,3 \times 1134,11 \text{ mm}^2 \\
 &= 340,23 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_{s'\text{perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{340,23}{283,53 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,2 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **2-D19**

$$\begin{aligned}
 A_{s'\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tekan}} \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2
 \end{aligned}$$



$$= 567,057 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$As'_{\text{pasang}} \geq As'_{\text{perlu}}$$

$$567,057 \text{ mm}^2 \geq 255,175 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

**Kontrol Tulangan Tarik**

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (4 \times 19\text{mm})}{4 - 1} \\ &= 41,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$41,3 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad \text{(Susun 1 lapis)}$$

**Kontrol Tulangan Tekan**

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 20\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 19\text{mm})}{2 - 1} \\ &= 162 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$162 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \text{(Susun 1 lapis)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok atap 30/50 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 2 lapis = 4-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentukumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentukumpuan}(-)$$

**(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)**

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **4D19**

$$\begin{aligned} A_{spasang} &= n \times A_{Stulangan\ tarik} \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 1134,11 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D19**

$$\begin{aligned} A_{s' pasang} &= n \times A_{Stulangan\ tekan} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 567,057 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentukumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentukumpuan}(-)$$

$$567,057 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1134,11 \text{ mm}^2$$

$$567,057 \text{ mm}^2 \geq 378 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 4-D19

Tulangan tekan : 2-D19

### **Kontrol kemampuan penampang**

$$A_{spasang} \text{ tulangan tarik } \mathbf{4D19} = 1134,11 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1134,11 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = 71,16 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 71,16 \text{ mm}$$

$$Cc' = 453645,97 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y$$

$$T = 1134,11 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 453645,97 \text{ N}$$

$$Mn = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left( 453645,97 \text{ N} \times \left( 440,5 \text{ mm} - \frac{71,16 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 183690295 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$0,8 \times 183690295 \text{ Nmm} > 115277500 \text{ Nmm}$$

$$146952236 \text{ Nmm} > 115277500 \text{ Nmm} \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok anak 30/50 dengan bentang 720 m untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = **4D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

### **Perhitungan Tulangan Geser :**

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan lentur balok didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada tumpuan kanan dan tumpuan kiri balok induk. Luasan tulangan tersebut digunakan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan. Berdasarkan hasil SAP 2000, gaya terfaktor geser terbesar diperoleh  $V_u = 105494,6 \text{ N}$

### **Momen Nominal Penampang**

Momen nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri.

1. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan

$$A_s = 1701,17 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 567,057 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{567,057 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = 21,34 \text{ mm}$$

$$M_{n_l} = A_s' \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{n_l} = 567,057 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N} / \text{mm}^2 \times \left( 440,5 \text{ mm} - \frac{21,34 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{n_l} = 58496647,86 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1701,17 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = 64,04 \text{ mm}$$

$$M_{n_R} = A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{n_R} = 1701,17 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N} / \text{mm}^2 \times \left( 409,5 \text{ mm} - \frac{64,04 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{n_R} = 166773933,8 \text{ Nmm}$$

2. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri

$$A_s = 1701,17 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 567,057 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1701,17 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

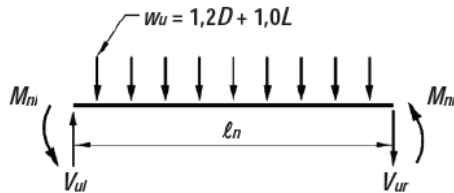
$$a = 64,04 \text{ mm}$$

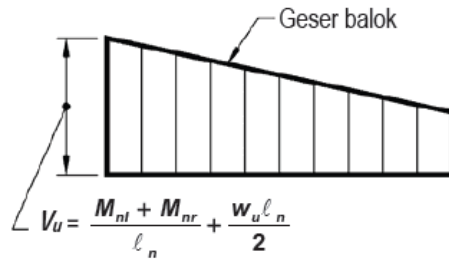
$$\begin{aligned}
 M_{n1} &= A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 M_{n1} &= 1701,17 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N} \\
 &\quad / \text{mm}^2 \times \left(409,5 \text{ mm} - \frac{64,04 \text{ mm}}{2}\right) \\
 M_{n1} &= 166773933,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 a &= \frac{567,057 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 300 \text{ mm}} \\
 a &= 21,34 \text{ mm} \\
 M_{n1} &= A_s' \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 M_{n1} &= 567,057 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N} \\
 &\quad / \text{mm}^2 \times \left(440,5 \text{ mm} - \frac{21,34 \text{ mm}}{2}\right) \\
 M_{n1} &= 58496647,86 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4**.





Gambar 4. 38 Geser Desain Balok untuk SRPMM  
**Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari**

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan

$V_{u1}$  : gaya geser pada muka perletakan

$M_{nl}$  : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

$M_{nr}$  : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

$l_n$  : panjang balok bersih

$$\begin{aligned}
 l_n &= L_{\text{balok}} - 2 \left( \frac{1}{2} \times b_{\text{kolom}} \right) \\
 &= 7200 \text{ mm} - 2 \left( \frac{1}{2} \times 550 \text{ mm} \right) \\
 &= 6650 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{58496647,86 \text{ Nmm} + 166773933,8 \text{ Nmm}}{6650 \text{ mm}} + 105494,6 \text{ N}$$

$$V_{u1} = 139369,88 \text{ N}$$

**Syarat kuat tekan beton (Fc')**

Nilai  $\sqrt{f'c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa

(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{25} \text{ mpa} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \quad (\text{memenuhi syarat SNI})$$

### Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

$\lambda = 1$  , untuk beton normal

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 300 \text{ mm} \times 440,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 110125 \text{ N}$$

### Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times 300 \text{ mm} \times 440,5 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\min}} = 44050 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 440,5 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\max}} = 220250 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 2 \times 220250 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 440500 \text{ N}$$

### Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang.

2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke tengah bentang balok.

### **Perhitungan Penulangan Geser Balok**

#### Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 139369,88 \text{ N}$$

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

$$139369,88 \geq 46803,13 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

2. Kondisi Geser 2 → Tulangan geser minimum

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

$$46803,13 \text{ N} \leq 139369,88 \text{ N} \geq 93606,25$$

**(Tidak Memenuhi)**

3. Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{min}})$$

$$93606,25 \text{ N} \leq 139369,88 \text{ N} \leq 131048,75 \text{ N}$$

4. Kondisi Geser 4 → memerlukan tulangan geser

$$\phi(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{max}})$$

$$131048,75 \leq 139369,88 \text{ N} \leq 280818,75 \text{ N}$$

**Memenuhi**

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 4

$$\begin{aligned} V_s \text{ perlu} &= \left(\frac{V_u}{\phi}\right) - V_c = \left(\frac{139369,88 \text{ N}}{0,85}\right) - 110125 \text{ N} \\ &= 53839,56 \text{ N} \end{aligned}$$



Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 2$$

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq d/4 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = d/4$$

$$= 440,5 \text{ mm}/4$$

$$= 110,125 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 100 mm

Luas penampang geser

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{V s.s}{f_y d} \\ &= \frac{53839,56 \text{ N} \cdot 100 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa} \cdot 440,5 \text{ mm}} = 50,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$A_v \text{ pakai} > A_v \text{ perlu}$

$$157,08 \text{ mm}^2 > 50,92 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Kontrol :

$$S < S_{\text{maks}}$$

$$100 \text{ mm} < 110 \text{ mm}$$

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- a.  $d/4$
- b. Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- c. 24 kali diameter sengkang
- d. 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

- a.  $S_{pakai} < d/4$   
 $100 \text{ mm} < 440,5/4$   
 $100 \text{ mm} < 110 \text{ mm}$  **(Memenuhi)**
- b.  $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$   
 $100 \text{ mm} < 8 \times 19 \text{ mm}$   
 $100 \text{ mm} < 152 \text{ mm}$  **(Memenuhi)**
- c.  $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$   
 $100 \text{ mm} < 24 \times 10$   
 $100 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$  **(Memenuhi)**
- d.  $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$   
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$  **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) D10-95mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

#### Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segetiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{V_{u2}}{0,5Ln - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5Ln}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0,5Ln + 2h)}{0,5Ln}$$

$$V_{u2} = \frac{139369,88 \text{ N} \times (0,5 \cdot 6650 \text{ mm} - 1000 \text{ mm})}{0,5 \cdot 6650 \text{ mm}}$$

$$V_{u2} = 97454,12 \text{ N}$$

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$$

$$97454,12 \text{ N} \leq 46803,13 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

2. Kondisi Geser 2 → Memerlukan tulangan geser minimum

$$0,5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$$

$$46803,13 \text{ N} \leq 97454,12 \text{ N} \leq 93606,25 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

3. Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi (V_c + V_{s_{min}})$$

$$93606,25 \text{ N} \leq 97454,12 \text{ N} \leq 131048,75 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 3

$$S_{maks} \leq d/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = d/2$$

$$= 440,5 \text{ mm}/2$$

$$= 220,25 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 125 mm

Luas penampang geser minimum

$$A_v = \frac{b \cdot w \cdot s}{f_y \cdot 3}$$

$$= \frac{300 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa} \cdot 3 \text{ mm}} = 52,08 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm}^2) \times 2$$

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

$A_v \text{ pakai} > A_v \text{ perlu}$

$$157,08 \text{ mm}^2 > 52,08 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Kontrol :

$$S < S_{\text{maks}}$$

$$125 \text{ mm} < 220,25 \text{ mm}$$

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/2$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

*(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))*

Cek persyaratan :

- |    |   |                   |
|----|---|-------------------|
| a. | $S_{\text{pakai}} < d/2$                        |                   |
|    | 125 mm < 440,5 mm/2                             |                   |
|    | 125 mm < 220,25 mm                              | <b>(Memenuhi)</b> |
| b. | $S_{\text{pakai}} < 8 \times D_{\text{lentur}}$ |                   |
|    | 125 mm < 8 x 22 mm                              |                   |
|    | 125 mm < 152 mm                                 | <b>(Memenuhi)</b> |
| c. | $S_{\text{pakai}} < 24 \times D_{\text{geser}}$ |                   |
|    | 125 mm < 24 x 10                                |                   |
|    | 125 mm < 240 mm                                 | <b>(Memenuhi)</b> |
| d. | $S_{\text{pakai}} < 300 \text{ mm}$             |                   |
|    | 125 mm < 300 mm                                 | <b>(Memenuhi)</b> |

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) D10 – 125 mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

### Perhitungan Panjang Penyaluran

1. Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

$l_d$  = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

$d_b$  = Diameter tulangan

$\Psi_t$  = factor lokasi penulangan = 1

$\Psi_e$  = Faktor pelapis = 1

$\lambda$  = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{25}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 723,81 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$723,81 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Reduksi panjang penyaluran :

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{1433,78 \text{ mm}^2}{1701,17 \text{ mm}^2} \times 723,81 \text{ mm}$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = 610,044 \text{ mm}$$

2. Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 364,8 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 0,043 \times f_y \times d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \times 400 \text{ Mpa} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 326,8 \text{ mm}$$

Diambil nilai terbesar,  $l_{dc} = 364,8 \text{ mm}$

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_{dc}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{340,23 \text{ mm}^2}{567,057} \times 364,8 \text{ mm}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = 218,88 \text{ mm}$$

3. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 364,8 \text{ mm}$$

$$8d_b = 8 \times 19 \text{ mm}$$

$$= 152 \text{ mm}$$

Syarat :

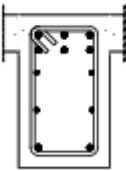
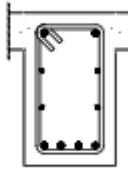
$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$364,8 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

$$l_{dh} > 8d_b$$

$$364,8 \text{ mm} > 152 \text{ mm (Memenuhi)}$$

Tabel 4. 29. Hasil Penulangan Balok B3A

Balok B3A		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Balok B3A		
Dimensi	250x450	250x450
Tulangan Lentur Atas	6D19	2D19
Tulangan Torsi	4 Ø 12	4 Ø 12
Tulangan Lentur Bawah	2D19	4D19
Sengkang	Ø10-100	Ø10-125

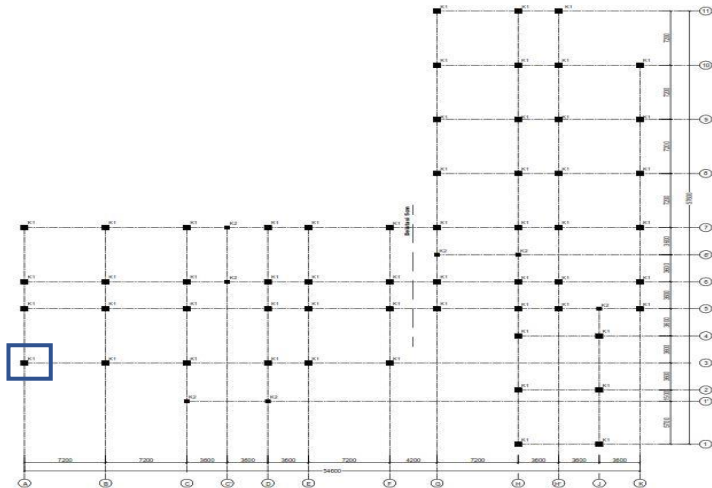
Tabel 4. 30. Rekapitulasi penulangan Balok B3

Tipe Balok	Dimensi	Bentang (cm)	Torsi	Lentur				Geser	
				Tumpuan		Lapangan			
				Tarik	Tekan	Tarik	Tekan	Tumpuan	Lapangan
B3A	300 x 500	720	4Ø12	6D19	2D19	4D19	2D19	Ø10-100	Ø10-125
B3B	300 x 500	360	4Ø12	2D16	2D16	2D16	2D16	Ø10-100	Ø10-125

#### 4.2.2.7. Struktur Kolom

Berikut ini akan dibahas mengenai perhitungan penulangan kolom jenis K1 (550 x 550) mm pada lantai 1 berdasarkan beban aksial ultimate terbesar ( $P_u$ ). Perhitungan berikut berdasarkan data perencanaan dan hasil analisis program SAP 2000. Ketentuan perhitungan

dan syarat-syarat penulangan menggunakan metode SRPMM.



Gambar 4. 39. Denah Kolom K1

Data-data perencanaan:

Tipe kolom	: K1
Tinggi kolom atas	: 5000 mm
Tinggi kolom bawah	: 0 mm
B kolom	: 550 mm
H kolom	: 550 mm
Kuat tekan beton ( $f_c'$ )	: 25 MPa
Modulus elastisitas beton ( $E_c$ )	: 23500 MPa
Modulus elastisitas baja ( $E_s$ )	: 200000 MPa
Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ )	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser ( $f_{yv}$ )	: 240 MPa
Diameter tulangan lentur ( $D$ )	: 22 mm
Diameter tulangan geser ( $\emptyset$ )	: 10 mm
Tebal selimut	: 40 mm



Jarak spasi antar tulangan sejajar: 30 mm

Faktor  $\beta_1$  : 0,85

Faktor reduksi kekuatan lentur : 0,9

Faktor reduksi kekuatan geser : 0,75

Faktor reduksi kekuatan torsi : 0,75

➤ Perhitungan penulangan kolom :

Maka, lebar efektif kolom:

$$\begin{aligned} d &= b - \text{decking} - \emptyset \text{sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tulangan lentur} \\ &= 550 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 22 \\ &= 489 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \emptyset \text{sengkang} + \frac{1}{2} D \text{ tulangan lentur} \\ &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22 \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

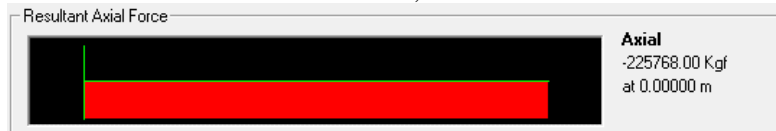
$$\begin{aligned} d'' &= b - \text{decking} - \emptyset \text{sengkang} + \frac{1}{2} D \text{ tulangan} \\ &\quad \text{lentur} - \frac{1}{2} b \\ &= 650 - 40 - 10 + \frac{1}{2} \cdot 22 - \frac{1}{2} \cdot 550 \\ &= 236 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= b \times h \\ &= 550 \times 550 \\ &= 302500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output SAP 2000 frame 881 didapatkan diagram analisa sebagai berikut :

Kombinasi : 1,2D + 1,6L + 0,5R

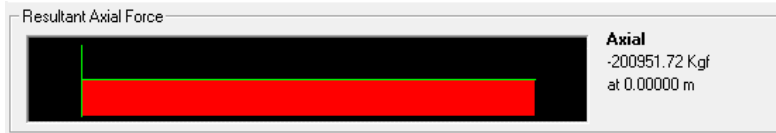
Nilai : 2212526,40 N



Gambar 4. 40. Output aksial kombinasi 1,2D+1,6L+0,5R

Kombinasi : 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1L

Nilai : 1969326,86 N



Gambar 4. 41. Output aksial kombinasi 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1L

Kombinasi : 1,2D + 1Ey + 0,3 Ex + 1L

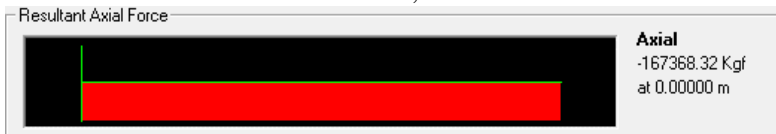
Nilai : 2070296,84 N



Gambar 4. 42. Output aksial kombinasi 1,2D + 1Ey + 0,3 Ex + 1L

Kombinasi : 1,4 D

Nilai : 1640209,54 N



Gambar 4. 43. Output aksial kombinasi 1,4 D

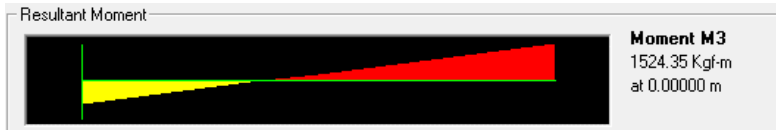
Momen akibat pengaruh beban gravitasi

Akibat kombinasi 1,2D + 1,6L + 0,5 Lr:

**Momen arah sumbu Y**

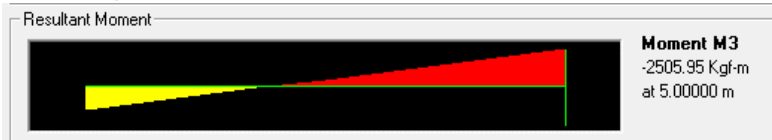
Kombinasi : 1,2D + 1.6L + 0,5 Lr

Nilai  $M_{Ins}$  : 15243500 Nmm



Gambar 4. 44. Output M1ns Y kombinasi 1,2D + 1.6L + 0,5 Lr

Kombinasi : 1,2D + 1.6L + 0,5 Lr  
 Nilai  $M_{2ns}$  : 25059500 Nmm



Gambar 4. 45. Output  $M_{2ns}$  Y kombinasi 1,2D + 1.6L + 0,5 Lr

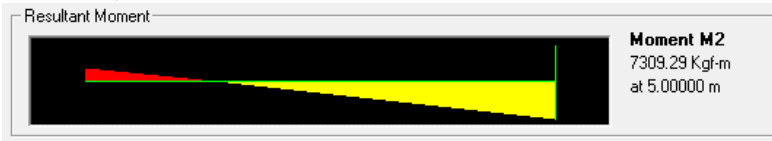
### Momen arah sumbu X

Kombinasi : 1,2D + 1.6L + 0,5 Lr  
 Nilai  $M_{1ns}$  : 28178600 Nmm



Gambar 4. 46. Output  $M_{1ns}$  X kombinasi 1,2D + 1.6L + 0,5 Lr

Kombinasi : 1,2D + 1.6L + 0,5 Lr  
 Nilai  $M_{2ns}$  : 73239500 Nmm



Gambar 4. 47. Output  $M_{2ns}$  X kombinasi 1,2D + 1.6L + 0,5 Lr

Keterangan :

$M_{1ns}$  = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping.

$M_{2ns}$  = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping.

### Momen akibat pengaruh gaya gempa

#### **Momen arah sumbu X**

Kombinasi : 1D + 1Ex + 0,3Ey + 1L

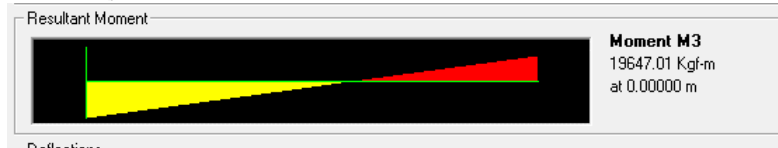
Nilai  $M_{1s}$  : 139064700 Nmm



Gambar 4. 48. Output M1s X kombinasi 1D+1Ex+0,3Ey+1L

Kombinasi : 1D + 1Ex + 0,3Ey + 1L

Nilai  $M_{2s}$  : 195984900 Nmm

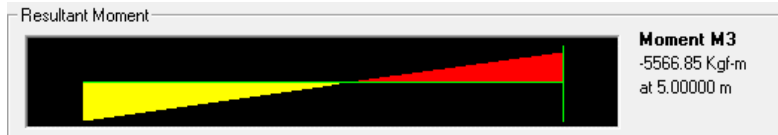


Gambar 4. 49. Output M2s X kombinasi 1D+1Ex+0,3Ey+1L

#### **Momen arah sumbu Y**

Kombinasi : 1D + 1Ey + 0,3Ex + 1L

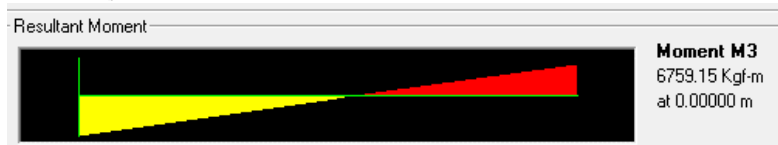
Nilai  $M_{1s}$  : 55668500 Nmm



Gambar 4. 50. Output M1s Y kombinasi 1D+1Ey+0,3Ex+1L

Kombinasi : 1D + 1Ey + 0,3Ex + 1L

Nilai  $M_{2s}$  : 67591500 Nmm



Gambar 4. 51. Output M2s Y kombinasi 1D+1Ey+0,3Ex+1L

Keterangan :

$M_{1s}$  = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam satuan Nmm.

$M_{2s}$  = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam satuan Nmm.

Syarat gaya aksial pada kolom

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.5.2 gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada komponen struktur kolom tidak boleh melebihi dari persamaan  $A_g \cdot f_c / 10$ , bila  $P_u$  lebih besar maka perhitungan menggunakan SRPMM.

$$\frac{A_g \cdot f_c}{10} < P_u$$

$$756,250.00 \text{ N} < 2,499,567.42 \text{ N}$$

- **Perhitungan tulangan lentur**

Menghitung kontrol kelangsingan kolom

$$\beta d = \frac{P_u \text{ (akibat beban gravitasi)}}{P_u \text{ (akibat beban gempa)}}$$

$$\beta d = \frac{2212526,4 \text{ N}}{2070296,84 \text{ N}}$$

$$\beta d = 1.06$$

Keterangan :

$Bd$  = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum.

EI kolom (55/55)

$$Elk = \frac{0,4 \times E_c \times Ig}{1 + \beta d}$$

$$Ig = 0,7 \frac{1}{12} b h^3$$

$$Ig = 0,7 \frac{1}{12} 550 \cdot 550^3$$

$$Ig = 5337864583 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 23500 \text{ Mpa}$$

$$Elk = \frac{0,4 \times 23500 \times 5337864583}{1 + 1,06}$$

$$Elk = 23553012980975.70 \text{ Nmm}^2$$

EI balok induk memanjang (30/60)

$$Elb = \frac{0,4 \times Ec \times Ig}{1 + \beta d}$$

$$Ig = 0,35 \frac{1}{12} b h^3$$

$$Ig = 0,35 \frac{1}{12} 300.600^3$$

$$Ig = 3780000000 \text{ mm}^4$$

$$Ec = 23500 \text{ Nmm}$$

$$Elb = \frac{0,4 \times 23500 \times 3780000000}{1 + 1,06}$$

$$Elb = 1,67 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

EI balok induk melintang (30/60)

$$Elb = \frac{0,4 \times Ec \times Ig}{1 + \beta d}$$

$$Ig = 0,35 \frac{1}{12} b h^3$$

$$Ig = 0,35 \frac{1}{12} 300.600^3$$

$$Ig = 3780000000 \text{ mm}^4$$

$$Ec = 23500 \text{ Nmm}$$

$$Elb = \frac{0,4 \times 23500 \times 3780000000}{1 + 1,06}$$

$$Elb = 1,67 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

EI balok sloof melintang (30/60)

$$Elb = \frac{0,4 \times Ec \times Ig}{1 + \beta d}$$

$$Ig = 0,35 \frac{1}{12} b h^3$$

$$I_g = 0,35 \frac{1}{12} 300.600^3$$

$$I_g = 3780000000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 23500 \text{ Nmm}$$

$$Elb = \frac{0,4 \times 23500 \times 3780000000}{1 + 1,06}$$

$$Elb = 1,67 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

Selanjutnya, menghitung faktor panjang tekuk kolom (k) dengan persamaan sebagai berikut:

#### **Kekakuan kolom atas**

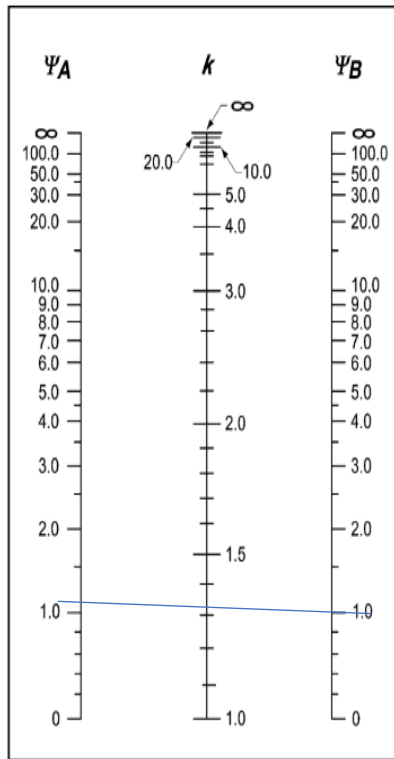
$$\psi_a = \frac{\Sigma (EI/L)_{kolom atas}}{(EI/L)_{B1} + (EI/L)_{B1} + (EI/L)_{B1}}$$

$$\psi_a = 1,16$$

#### **Kekakuan kolom bawah**

$$\psi_b = \frac{\Sigma (EI/L)_{kolom bawah}}{(EI/L)_{S1} + (EI/L)_{S1} + (EI/L)_{S1}}$$

$$\psi_b = 1$$



Gambar 4. 52. Nomogram faktor kekakuan kolom

Selanjutnya digunakan nomogram untuk menentukan nilai faktor kekakuan kolom ( $k$ ).

Dari nomogram diatas didapatkan nilai  $k = 1,32$

Menghitung jari-jari inersia ( $r$ )

$$r = 0,2887 h$$

$$r = 158,785 \text{ mm}$$

kontrol kelangsingan

$$\lambda = \frac{k \cdot l_u}{r} \leq 22 \text{ (pengaruh langsing diabaikan)}$$



$$\lambda = \frac{1,32 \times 5000}{158,785} \leq 22$$

$$41,56 > 22$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 10.10 maka kolom termasuk kolom langsing.

#### Peninjauan kolom akibat momen arah X (M33)

Berdasarkan output analisis menggunakan program SAP 2000, diperoleh hasil gaya dalam arah X sebagai berikut:

Akibat kombinasi beban gempa (1D + 1Ex + 0,3Ey + 1L)

$$M_{1s} = 139064700 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 195984900 \text{ Nmm}$$

Akibat kombinasi beban gravitasi (1,2D + 1,6L + 0,5Lr)

$$M_{1ns} = 15243500 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 25059500 \text{ Nmm}$$

Menghitung nilai Pc (kritis) pada kolom

$$Pc = \frac{\pi^2 EI}{(k \cdot lu)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 4,6 \times 10^{13}}{(1,32 \cdot 5000)^2}$$

$$Pc = 5348301,05 \text{ N}$$

$$\Sigma Pc = n \times Pc$$

$$\Sigma Pc = 57 \times 5348301,05 \text{ N}$$

$$\Sigma Pc = 304853159,7 \text{ N}$$

$$\Sigma Pu = n \times Pu$$

$$\Sigma Pu = 57 \times 2212526,40$$

$$\Sigma Pu = 126114004,8 \text{ N}$$

#### Menghitung pembesaran momen ( $\delta_s$ )

$$\delta_s = \frac{1}{1 - Q} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma Pu \Delta o}{Vu \cdot lu}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - 0,759} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,316 \geq 1$$

Maka dipakai  $\delta_s = 1,316$  yang digunakan dalam perhitungan pembesaran momen.

#### Pembesaran momen kolom arah X (M33)

$$\begin{aligned} M_1 &= M_{1ns} + \delta_s \cdot M_{1s} \\ &= 15243500 + (1,316) 139064700 \text{ Nmm} \\ &= 198281825 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= M_{2ns} + \delta_s \cdot M_{2s} \\ &= 25059500 + (1,316) 195984900 \text{ Nmm} \\ &= 283016752,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Dalam 2 perhitungan pembesaran momen diatas digunakan hasil terbesar yaitu 283016752,4 Nmm.

#### Menentukan $\rho_{perlu}$ dari diagram interaksi

Dalam menentukan nilai  $\rho_{perlu}$  untuk kebutuhan tulangan lentur kolom digunakan diagram interaksi berdasarkan buku Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang.

Perhitungan yang dibutuhkan dalam penggunaan diagram interaksi adalah:

$$\frac{d'}{h} = \frac{61}{550} = 0,11$$

Sumbu vertikal :

$$\begin{aligned} v &= \frac{Pu}{\phi \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{2212526,4}{0,65 \cdot 550 \cdot 550 \cdot 0,85 \cdot 25} \\ v &= 0,529 \end{aligned}$$

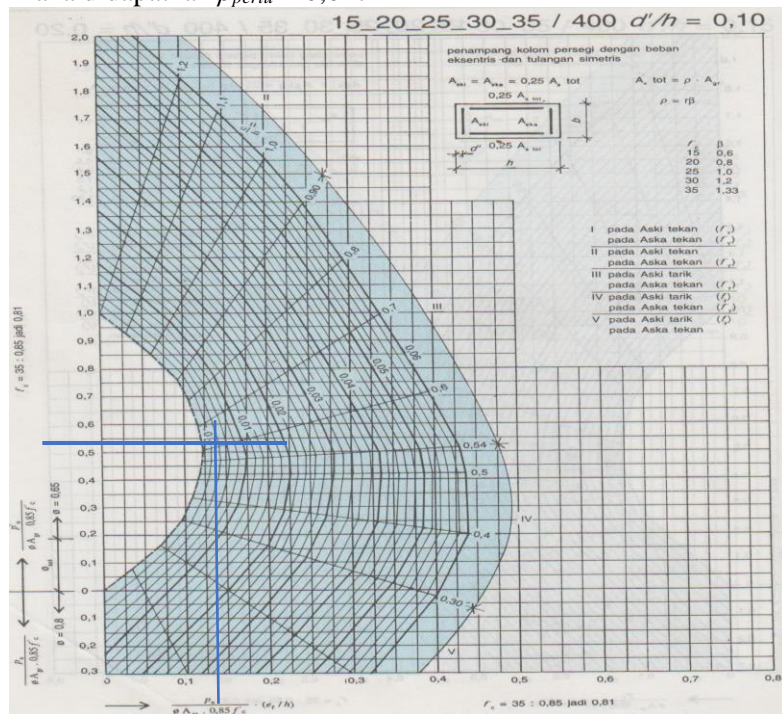
sumbu horizontal

$$h = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot h^2 \cdot 0,85 \cdot f_c'}$$

$$h = \frac{228815682.9}{0,65.550.550.0,85.25}$$

$$h = 0,123$$

Maka didapatkan  $\rho_{perlu} = 0,017$



Gambar 4. 53. Diagram Interaksi Kolom Arah X

Selanjutnya dihitung luas tulangan lentur yang dibutuhkan.

$$= 0,017 \times 550 \times 550$$
$$= 5142,5 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D22, maka luas tulangan:

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur pasang

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{\text{luas tulangan } D22}$$

$$n = \frac{5142,5}{379,94}$$

$$n = 13,535 \text{ pasang } 16 \text{ buah}$$

Luas tulangan lentur pasang

$$As_{\text{pasang}} = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= 12 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2$$

$$= 6079,04 \text{ mm}^2$$

Kontrol tulangan:

$$As_{\text{pasang}} > As_{\text{perlu}}$$

$$6079,04 \text{ mm}^2 > 5142,5 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

Persentase tulangan terpasang:

$$\text{persentase} = \frac{As \text{ pasang}}{b \times h} \times 100\%$$

$$\text{persentase} = \frac{6079,04}{550 \times 550} \times 100\%$$

$$\text{persentase} = 2,01 \% < 8\%$$

(OK)

Mencari nilai e min dan e perlu

$$Pn = \frac{pu}{0,65}$$

$$Pn = \frac{2212526,4 \text{ N}}{0,65}$$

$$Pn = 3403886,77 \text{ N}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,65}$$

$$Mn = \frac{283016752,4 \text{ Nmm}}{0,65}$$

$$Mn = 435410388,3 \text{ Nmm}$$

$$e \text{ perlu} = \frac{Mn}{Pn}$$

$$e \text{ perlu} = \frac{435410388,3 \text{ Nmm}}{2212526,4 \text{ N}}$$

$$e_{\text{perlu}} = 127,91 \text{ mm}$$

$$e_{\text{min}} = (15,24 + 0,03h)$$

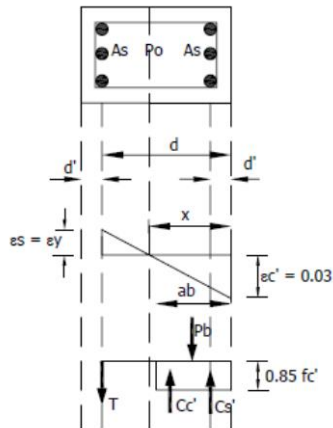
$$e_{\text{min}} = (15,24 + 0,03 \times 550)$$

$$e_{\text{min}} = 31.74 \text{ mm}$$

### Cek kondisi balance

Syarat :

$$\varepsilon_s = \varepsilon_y \rightarrow f_s = f_y$$



$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} d$$

$$x_b = \frac{600}{600 + 400} 489$$

$$x_b = 293.4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_b &= \beta_1 \cdot x_b \\ &= 0.85 \cdot 293.4 \text{ mm} \\ &= 249.39 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s \cdot (f_y - 0.85 \cdot f_c') \\ &= 6079.04 \text{ mm}^2 \cdot (400 \text{ Mpa} - 0.85 \cdot 25 \text{ Mpa}) \\ &= 2302436.4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x_b \\
 &= 0,85 \cdot 25 \text{ Mpa} \cdot 550 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 293,4 \text{ mm} \\
 &= 2914745,625 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \cdot f_y \\
 &= 6079, \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \\
 &= 2431616 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma V &= 0 \rightarrow P_b = Cc' + C_s' - T \\
 P_b &= 2914745,625 \text{ N} + 2302436,4 \text{ N} - 2431616 \text{ N} \\
 &= 2785566,025 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_b &= Cc'(d - d'' - \frac{1}{2} ab) + C_s'(d - d'' - d') + Td'' \\
 &= 1389905602 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_b &= M_b / P_b \\
 &= \frac{1389905602}{2785566,025} = 498,97 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

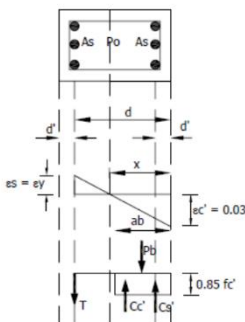
Kontrol kondisi:

$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balance}}$  (tekan menentukan)

$e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_{\text{balance}}$  (tarik menentukan)

maka:

$$31,74 \text{ mm} < 127,91 \text{ mm} < 498,97 \text{ mm} \text{ (kondisi tekan menentukan)}$$



### Kontrol kondisi tekan menentukan

Syarat :

$$e < e_b$$

$$31,74 \text{ mm} < 498,97 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$P > P_b$$

$$\varepsilon_s < \varepsilon_y \rightarrow f_s < f_y$$

Mencari nilai  $x$

$$a = 0,54d$$

$$0,85 \cdot x = 264,06$$

$$x = 310,65 \text{ mm}$$

syarat:

$$\varepsilon_s < \varepsilon_y \rightarrow f_s < f_y$$

$$\varepsilon_s = \left( \frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$\varepsilon_s = \left( \frac{539}{310,65} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$\varepsilon_s = 0,0017$$

$$f_s = \left( \frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 600$$

$$f_s = \left( \frac{539}{310,65} - 1 \right) \cdot 600$$

$$f_s = 344,44 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\varepsilon_y = \frac{400}{200.000}$$

$$\varepsilon_y = 0,002$$

Kontrol:

$$\begin{array}{ll} \varepsilon_s & < \varepsilon_y \\ 0,0017 & < 0,002 \end{array} \quad \textbf{(OK)}$$

$$\begin{array}{ll} F_s & < f_y \\ 344,44 \text{ MPa} & < 400 \text{ MPa} \end{array} \quad \textbf{(OK)}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 6079,04 \text{ mm}^2 \text{ (} 400 \text{ Mpa} - 0,85 \cdot 25 \text{ Mpa)} \\ &= 2302436,4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x \\ &= 0,85 \cdot 25 \text{ Mpa} \cdot 550 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 310,65 \text{ mm} \\ &= 3086201,25 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \cdot f_y \\
 &= 6079,04 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \\
 &= 2431616 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma V &= 0 \rightarrow P_b = C_c' + C_s' - T \\
 P &= 3086201,25 \text{ N} + 2302436,4 \text{ N} - 2431616 \text{ N} \\
 &= 2957021,65 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 P &> P_b \\
 2957021,65 \text{ N} &> 2785566,025 \text{ N} \quad \quad \quad \textbf{(OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mn terpasang} &= C_c'(d - d'' - \frac{1}{2} ab) + C_s'(d - d'' - d') + Td'' \\
 &= 1389266930 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 \text{Mn terpasang} &> M_n \\
 1389266930 \text{ Nmm} &> 435410388,3 \text{ Nmm} \quad \quad \quad \textbf{(OK)}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan penulangan lentur sesuai momen kolom arah X sebesar **16D22**

#### Peninjauan kolom akibat momen arah Y (M22)

Berdasarkan output analisis menggunakan program SAP 2000, diperoleh hasil gaya dalam arah Y sebagai berikut:

Akibat kombinasi beban gempa (1D + 1Ey + 0,3Ex + 1L)

$$M_{1s} = 55668500 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 67591500 \text{ Nmm}$$

Akibat kombinasi beban gravitasi (1,2D + 1,6L + 0,5Lr)

$$M_{1ns} = 28178600 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 73239500 \text{ Nmm}$$

Menghitung nilai  $P_c$  (kritis) pada kolom

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k \cdot lu)^2}$$



$$= \frac{\pi^2 4,6 \times 10^{13}}{(1,13.5000)^2}$$

$$P_c = 5348301,047 \text{ N}$$

$$\Sigma P_c = n \times P_c$$

$$\Sigma P_c = 57 \times 5348301,047$$

$$\Sigma P_c = 304853159,7 \text{ N}$$

$$\Sigma P_u = n \times P_u$$

$$\Sigma P_u = 57 \times 2212526,4$$

$$\Sigma P_u = 126114004,8 \text{ N}$$

Menghitung pembesaran momen ( $\delta_s$ )

$$\delta_s = \frac{1}{1 - Q} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u \Delta o}{V_u \cdot l_u}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - 0,759} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,316 \geq 1$$

Maka dipakai  $\delta_s = 1,026$  yang digunakan dalam perhitungan pembesaran momen.

Pembesaran momen kolom arah Y (M22)

$$\begin{aligned} M_1 &= M_{1ns} + \delta_s \cdot M_{1s} \\ &= 28178600 \text{ Nmm} + (1,316) 55668500 \text{ Nmm} \\ &= 101450027,06 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= M_{2ns} + \delta_s \cdot M_{2s} \\ &= 73239500 \text{ Nmm} + (1,026) 67591500 \text{ Nmm} \\ &= 162204096,89 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Dalam 2 perhitungan pembesaran momen diatas digunakan hasil terbesar yaitu 162204096,89 Nmm.

Menentukan  $\rho_{perlu}$  dari diagram interaksi

Dalam menentukan nilai  $\rho_{perlu}$  untuk kebutuhan tulangan lentur kolom digunakan diagram interaksi berdasarkan buku Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang.

Perhitungan yang dibutuhkan dalam penggunaan diagram interaksi adalah:

$$\frac{d'}{h} = \frac{61}{550} = 0.110909091$$

Sumbu vertikal :

$$v = \frac{Pu}{\phi \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot f_c'}$$

$$v = \frac{2212526,4}{0,65 \cdot 550 \cdot 550 \cdot 0,85 \cdot 25}$$

$$v = 0,52$$

sumbu horizontal

$$h = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot h^2 \cdot 0,85 \cdot f_c'}$$

$$h = \frac{162204096,9}{0,65 \cdot 550 \cdot 550 \cdot 0,85 \cdot 25}$$

$$h = 0,070$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{luas tulangan D22}}$$

$$n = \frac{4225}{379,94}$$

$$n = 7,96 \quad \text{pasang 12 buah}$$

Luas tulangan lentur pasang

$$A_{s\text{pasang}} = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= 12 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2$$

$$= 4559,28 \text{ mm}^2$$

Kontrol tulangan:

$$A_{s\text{pasang}} > A_{s\text{perlu}}$$

$$4559,28 \text{ mm}^2 > 3025 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

Persentase tulangan terpasang:

$$\text{persentase} = \frac{A_{s\text{ pasang}}}{b \times h} \times 100\%$$

$$\text{persentase} = \frac{4559,28}{550 \times 550} \times 100\%$$

$$\text{persentase} = 1,510 \% < 8\% \quad (\text{OK})$$

Mencari nilai e min dan e perlu

$$P_n = \frac{P_u}{0,65}$$

$$P_n = \frac{2212526,4}{0,65}$$

$$P_n = 3403886,77 \text{ N}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,65}$$

$$M_n = \frac{162204096,9}{0,65}$$

$$M_n = 249544764,4 \text{ Nmm}$$

$$e_{\text{perlu}} = \frac{M_n}{P_n}$$

$$e_{\text{perlu}} = \frac{249544764,4 \text{ N}}{3403886,77 \text{ N}}$$

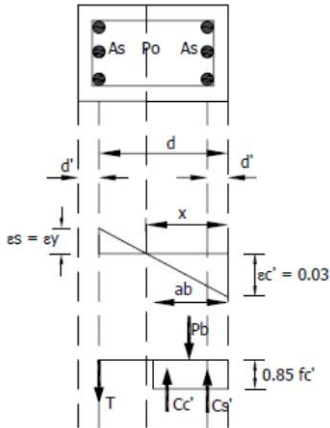
$$e_{\text{perlu}} = 73,31 \text{ mm}$$

$$e_{min} = (15,24 + 0,03h)$$

$$e_{min} = (15,24 + 0,03 \times 550)$$

$$e_{min} = 31,74 \text{ mm}$$

Cek kondisi balance



Syarat :

$$\varepsilon_s = \varepsilon_y \rightarrow f_s = f_y$$

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} d$$

$$x_b = \frac{600}{600 + 400} 489$$

$$x_b = 293.4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_b &= \beta_1 \cdot x_b \\ &= 0,85 \cdot 293.4 \\ &= 249.39 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 4559 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \cdot 25 \text{ Mpa}) \\ &= 1726827,3 \text{ N} \end{aligned}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x_b$$

$$= 0,85 \cdot 25 \text{ Mpa} \cdot 650 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 293,4$$

$$= 2914745,625 \text{ N}$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$= 4559 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}$$

$$= 1823712 \text{ N}$$

$$\Sigma V = 0 \rightarrow P_b = C_c' + C_s' - T$$

$$P_b = 2817860,925 \text{ N}$$

$$M_b = C_c'(d - d'' - \frac{1}{2} ab) + C_s'(d - d'' - d') + Td''$$

$$= 11359233119 \text{ Nmm}$$

$$E_b = M_b / P_b$$

$$= \frac{11359233119}{2817860,925} = 403,11 \text{ mm}$$

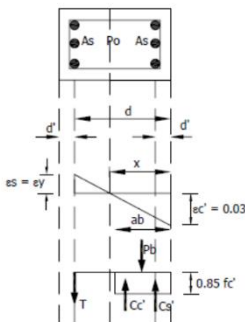
Kontrol kondisi:

$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balance}}$  (tekan menentukan)

$e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_{\text{balance}}$  (tarik menentukan)

maka:

$$31,74 \text{ mm} < 73,31 \text{ mm} < 403,11 \text{ mm} \text{ (kondisi tekan menentukan)}$$



Kontrol kondisi tekan menentukan

Syarat :

$$e < e_b$$

$$73,31 \text{ mm} < 403,11 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$P > P_b$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y \rightarrow f_s < f_y$$

Mencari nilai x

$$a = 0,54d = 264,06$$

$$0,85 \cdot x = 318,06$$

$$x = 310,65 \text{ mm}$$

syarat:

$$\varepsilon_s < \varepsilon_y \rightarrow f_s < f_y$$

$$\varepsilon_s = \left( \frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$\varepsilon_s = \left( \frac{589}{374,188} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$\varepsilon_s = 0,0017$$

$$f_s = \left( \frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 600$$

$$f_s = \left( \frac{589}{374,188} - 1 \right) \cdot 600$$

$$f_s = 344,44 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\varepsilon_y = \frac{400}{200.000}$$

$$\varepsilon_y = 0,002$$

Kontrol:

$$\begin{array}{lll} \varepsilon_s & < \varepsilon_y \\ 0,0017 & < 0,002 & \textbf{(OK)} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} F_s & < f_y \\ 344,44 \text{ MPa} & < 400 \text{ MPa} & \textbf{(OK)} \end{array}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 4559 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \cdot 25 \text{ Mpa}) \\ &= 1726827,3 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x \\ &= 0,85 \cdot 25 \text{ Mpa} \cdot 550 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 310,65 \text{ mm} \\ &= 3086201,25 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \cdot f_y \\
 &= 4559 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \\
 &= 1823712 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma V &= 0 \rightarrow P_b = C_c' + C_s' - T \\
 P &= 2989316.55 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 P &> P_b \\
 2989316.55 \text{ N} &> 2817860.925 \text{ N} \quad \quad \quad \textbf{(OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n \text{ terpasang} &= C_c'(d - d'' - \frac{1}{2} ab) + C_s'(d - d'' - d') + Td'' \\
 &= 1135284639 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 M_n \text{ terpasang} &> M_n \\
 1,135,284,638.81 \text{ Nmm} &> 249544764,45 \text{ Nmm} \quad \quad \quad \textbf{(OK)}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan penulangan lentur sesuai momen kolom arah X sebesar **16D22**

Kontrol jarak spasi tulangan satu sisi:

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} \rightarrow \text{perbesar penampang kolom}$$

$S_{maks}$

$$= \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{550 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 22)}{5 - 1}$$

$$S_{maks} = 85 \text{ mm} > 30 \text{ mm} \quad \quad \quad \textbf{(OK)}$$

(maka tulangan lentur disusun 1 lapis)

Cek dengan program PcaColumn



Semua output mengenai perhitungan dimasukkan ke dalam analisis PcaColumn

Mutu beton ( $f'_c$ ) : 25 MPa  
 Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) : 400 MPa  
 Modulus elastisitas : 200.000 MPa  
 $\beta_1$  : 0,85  
 B kolom : 550 mm  
 H kolom : 550 mm  
 Mux (M33 kombinasi arah X) : 283016752,4 Nmm  
 Muy (M22 kombinasi arah Y) : 162204096,9 Nmm  
 Pu (kombinasi ultimate) : 2212526,4 N

```

=====
f'c = 25 MPa          fy = 400 MPa
Ec = 23500 MPa       Es = 199955 MPa
Ultimate strain = 0.003 mm/mm
Beta1 = 0.85

Section:
=====
Rectangular: Width = 550 mm      Depth = 550 mm

Gross section area, Ag = 302500 mm^2
Ix = 7.62552e+009 mm^4          Iy = 7.62552e+009 mm^4
Xo = 0 mm                      Yo = 0 mm

Reinforcement:
=====
Rebar Database: ASTM A615M
Size Diam (mm) Area (mm^2)      Size Diam (mm) Area (mm^2)
-----
# 10      10      71      # 13      13      129      # 16      16      199
# 19      19     284      # 22      22     387      # 25      25     510
# 29      29     645      # 32      32     819      # 36      36    1006
# 43      43    1452      # 57      57    2581

Confinement: Tied; #10 ties with #32 bars, #13 with larger bars.
phi(a) = 0.8, phi(b) = 0.9, phi(c) = 0.65

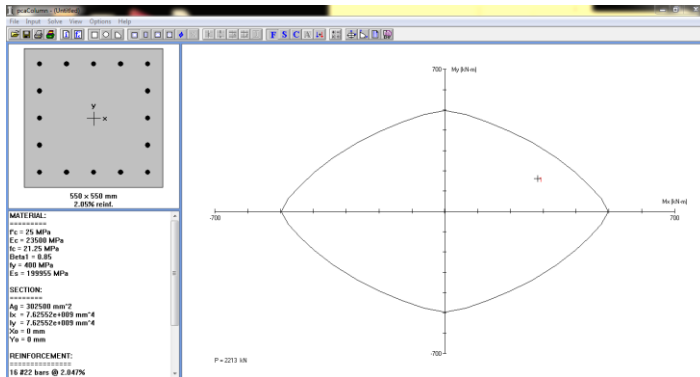
Layout: Rectangular
Pattern: All Sides Equal (Cover to transverse reinforcement)
Total steel area, As = 4644 mm^2 at 1.54%
12 #22 Cover = 40 mm

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)
=====
No.      Pu      Mux      Muy      fMnx      fMny      fMn/Mu
-----
1      899.3      114.6      48.8      416.7      177.3      3.635
2     2499.0     228.8     123.5     341.8     184.5     1.494

*** Program completed as requested! ***

```

Gambar 4. 55. Output PCACOL



Gambar 4. 56. Kemampuan penampang kolom dari PCACOL

Tulangan kolom pasang : 16D22

Berdasarkan output dari PcaColumn

$$M_{ux} = 283 \text{ kNm} < M_{nx} = 378,3 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

$$M_{uy} = 162,2 \text{ kNm} < M_{ny} = 216,8 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

Maka perencanaan dipasang tulangan kolom sebanyak **16D22**.

Persentase tulangan terpasang

$$\begin{aligned} A_{spasang} &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= 16 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \\ &= 6079 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek persyaratan:

$$\text{persentase} = \frac{A_{spasang}}{\frac{b \times h}{6079}} \times 100\%$$

$$\text{persentase} = \frac{6079}{550 \times 550} \times 100\%$$

$$\text{persentase} = 2.05 \% < 8\% \quad (\text{OK})$$

Jika kapasitas momen yang dihasilkan oleh program analisis PcaColumn lebih besar dibandingkan momen ultimate perhitungan SAP 2000, maka perhitungan kebutuhan tulangan kolom memenuhi dalam artian kolom tidak mengalami keruntuhan.

- **Perhitungan tulangan geser**

Data perencanaan

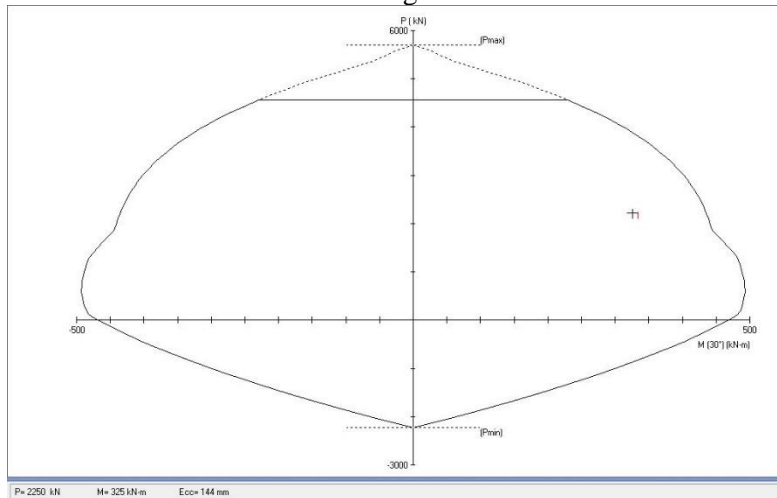
h kolom	: 550 mm
b kolom	: 550 mm
Tebal selimut beton	: 40 mm
Tinggi kolom	: 5000 mm
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 25 MPa
Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ )	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser ( $f_{yv}$ )	: 240 MPa
Diameter tulangan lentur	: 22 mm
Diameter tulangan geser	: 10 mm
Faktor reduksi	: 0,75

Berdasarkan hasil analisis program SAP 2000, maka diperoleh beban aksial pada kolom K1 sebagai berikut :

$$P_u = 2212526,4 \text{ N}$$

### Gaya lintang rencana pada kolom untuk peninjauan SRPMM

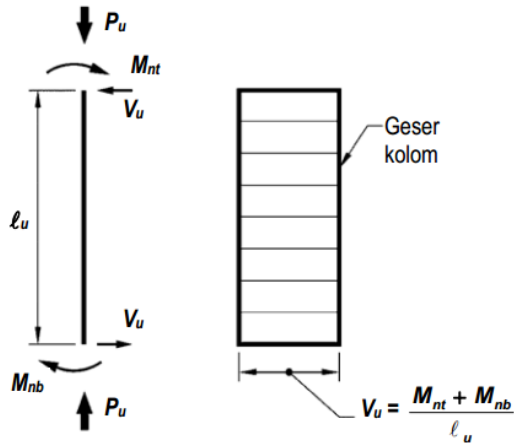
Diambil dari hasil PcaColumn sebagai berikut:



Gambar 4. 57. Output Pcacol untuk geser kolom

$$M_{nt} = 326000000 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = 326000000 \text{ Nmm}$$



Gambar 4. 58. Desain geser kolom untuk SRPMM

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u}$$

Dimana :

$M_{nt}$  : Momen nominal atas kolom

$M_{nb}$  : momen nominal bawah kolom

$$M_{nt} = \frac{M_{nt}}{\phi}$$

$$M_{nt} = \frac{326000000}{0,75}$$

$$M_{nt} = 434666666 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = \frac{M_{nb}}{\phi}$$

$$M_{nb} = \frac{326000000}{0,75}$$

$$M_{nb} = 434666666 \text{ Nmm}$$

$$Vu = \frac{434666666 + 434666666}{5000}$$

$$Vu = 173866,67 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton

Nilai  $\sqrt{f'c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa sesuai dengan peraturan **SNI 03-2847-2013**.

$$\sqrt{f'c'} \leq \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{25} \leq \frac{25}{3}$$

$$5, \text{MPa} \leq 8,33 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

Kekuatan geser pada beton:

$$Vc = 0,17 \left( 1 + \frac{Nu}{14Ag} \right) \lambda \sqrt{30} b_w d$$

$$Vc = 348040,82 \text{ N}$$

Kuat geser tulangan geser

$$Vs_{\min} = 1/3 \times b \times d$$

$$= 1/3 \times 550 \times 550$$

$$= 89650 \text{ N}$$

$$Vs_{\max} = 1/3 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$$

$$= 1/3 \times \sqrt{25} \times 550 \times 550$$

$$= 448250 \text{ N}$$

$$2Vs_{\max} = 2/3 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$$

$$= 2/3 \times \sqrt{25} \times 550 \times 550$$

$$= 896500 \text{ N}$$

Cek kondisi:

1. kondisi 1 → tidak memerlukan tulangan geser  
 $Vu \leq \frac{1}{2} \cdot \phi \cdot Vc$   
 $173866,67 \text{ N} < 130515,31 \text{ N} \quad (\text{tidak memenuhi})$
2. kondisi 2 → tulangan geser minimum

$$\frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

$$130515,31 \text{ N} \leq 173866,67 \text{ N} \leq 261030,62 \text{ N}$$

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser kolom menggunakan persyaratan kondisi 1, yaitu memerlukan tulangan geser minimum Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2$$

$$A_v = 157 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan geser minimum :

$$A_v \text{ min} = \frac{b_w \cdot s}{3 f_y} = 76.38 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi tulangan:

$$S_{\text{maks}} \leq d/4 \text{ dan } S_{\text{maks}} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S = 100 \leq 122.25 \quad (\text{OK})$$

$$S = 122.25 \leq 600 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10-100 mm.

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser kolom**

1. berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.5.2 spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang  $L_o$  dari muka hubungan balok-kolom  $S_o$ . Spasi  $S_o$  tersebut tidak boleh melebihi:
  - a) delapan kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi
 
$$S_o \leq 8 \times D_{\text{lentur}}$$

$$100 \text{ mm} \leq 8 \times 25 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 200 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$
  - b) 24 kali diameter batang tulangan begel
 
$$S_o \leq 24 \times D_{\text{geser}}$$

$$100 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$
  - c) Setengah dimensi penampang kolom terkecil

- |    |        |  |            |
|----|--------|--|------------|
|    | $S_o$  | $\leq \frac{1}{2} \times b_w$            |            |
|    | 100 mm | $\leq \frac{1}{2} \times 550 \text{ mm}$ |            |
|    | 100 mm | $\leq 275 \text{ mm}$                    | (memenuhi) |
| d) | $S_o$  | $\leq 300 \text{ mm}$                    |            |
|    | 100 mm | $\leq 300 \text{ mm}$                    | (memenuhi) |

Kontrol syarat penulangan geser memenuhi, dan  $S_{pakai}$  menggunakan 100 mm. Maka dipakai  $S_o$  sebesar Ø10-100 mm.

Panjang  $L_o$  tidak boleh kurang dari yang terbesar diantara ketiga syarat dibawah, yaitu:

- Seperenam betang bersih kolom  
 $L_o = \frac{1}{6} \times (5000 - 600)$   
 $L_o = 733,3 \text{ mm}$
  - Dimensi terbesar penampang kolom  
 $L_o = 733,3 \text{ mm}$
  - $L_o > 450 \text{ mm}$
- Senggang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada  $0,5 \times S_o = 0,5 \times 100 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$  dari muka hubungan balok-kolom.
  - Spasi senggang ikat pada seberang penampang kolom tidak boleh melebihi  $2 \times S_o = 2 \times 100 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$

### **Perhitungan sambungan lewatan tulangan vertikal kolom**

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.16.1, panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah  $0,071 \times f_y \times d_b$ , untuk  $f_y = 400 \text{ MPa}$  atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm.

$0,071 \times f_y \times d_b$	$\geq 300 \text{ mm}$	
$0,071 \times 400 \times 22$	$\geq 300 \text{ mm}$	
624,8 mm	$\geq 300 \text{ mm}$	(memenuhi)

### Perhitungan sambungan tulangan kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.3, panjang penyaluran untuk tulangan D22 harus ditentukan menggunakan persamaan:

$$\frac{ld}{db} = \left( \frac{fy\Psi_t\Psi_e}{1,7\lambda\sqrt{fc'}} \right)$$

Keterangan :

- $\Psi_t$  adalah tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar di bawah panjang penyaluran atau sambungan,  $\Psi_t = 1,3$ . Untuk situasi lainnya,  $\Psi_t = 1,0$ .
- $\Psi_e$  adalah untuk batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari  $3d_b$ , atau spasi bersih kurang dari  $6d_b$ ,  $\Psi_t = 1,5$ . Untuk semua batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi lainnya,  $\Psi_e = 1,2$ . Untuk tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (di galvanis),  $\Psi_t = 1,0$ .
- Akan tetapi, hasil  $\Psi_t\Psi_e$  tidak perlu lebih besar dari 1,7
- $\Psi_s$  adalah untuk batang tulangan atau kawat ulir D19 atau yang lebih kecil,  $\Psi_t = 0,8$ . Untuk batang tulangan D22 dan yang lebih besar,  $\Psi_t = 1,0$ .
- $\lambda$  adalah bila beton ringan digunakan,  $\lambda$  tidak boleh melebihi **0,75** kecuali jika  $f_{ct}$  ditetapkan. Bila berat beton normal digunakan,  $\lambda = 1,0$ .

Maka,

$$\frac{ld}{db} = \left( \frac{fy\Psi_t\Psi_e}{1,7\lambda\sqrt{fc'}} \right)$$

$$\frac{ld}{db} = \left( \frac{400.1.1}{1,7.1.\sqrt{25}} \right)$$

$$\frac{ld}{db} = 46,78$$



$ld = 46,78 \times 22 \text{ mm}$   
 $ld = 1029,24 \text{ mm}$

**Rekap penulangan Kolom**

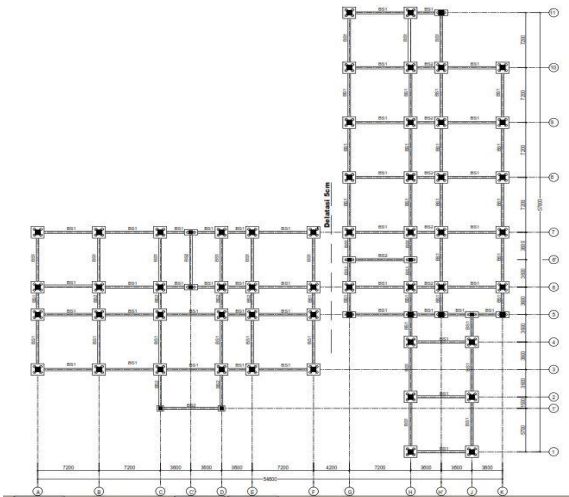
Tabel 4. 31. Rekapitulasi tulangan kolom

Tipe kolom	Panjang kolom	Tul. Lentur		Tul. Geser	
K1	5m	16	D22	10	100
K2	5m	12	D19	10	100

**4.2.2.8. Sloof**

1. Sloof (S1)

Perhitungan tulangan balok S1 (30x60) cm. Berikut ini adalah data perencanaan sloof berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.



Gambar 4. 59. Denah Sloof

Data-data perencanaan :

- Tipe Sloof : S1
  - Bentang Sloof (L) : 720 mm
  - Dimensi Sloof ( $B_{\text{sloof}}$ ) : 300 mm
  - Dimensi Sloof ( $H_{\text{sloof}}$ ) : 600 mm
  - Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa
  - Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400 Mpa
  - Kuat leleh tulangan geser ( $f_{ys}$ ) : 240 Mpa
  - Kuat leleh tulangan puntir ( $f_{yt}$ ) : 400 Mpa
  - Diameter tulangan lentur (D) : 22 mm
  - Diameter tulangan geser ( $\emptyset$ ) : 10 mm
  - Diameter tulangan puntir (D) : 16 mm
  - Spasi antar tulangan sejajar : 25 mm
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)**
- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))**
- Faktor  $\beta_1$  : 0,85
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)**
- Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\phi$ ) : 0,9
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)**
- Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ ) : 0,75
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)**
- Faktor reduksi kekuatan torsi ( $\phi$ ) : 0,75
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)**

### **Perhitungan Tulangan Sloof :**

- Tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} dx &= h - t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{tulangan geser}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 600 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 13 \text{ mm} \\ &= 532 \text{ mm} \end{aligned}$$

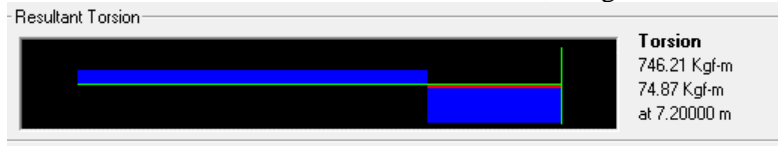
$$\begin{aligned} d'' &= h - d \\ &= 600 \text{ mm} - 532 \text{ mm} \\ &= 68 \text{ mm} \end{aligned}$$

### **Hasil Output SAP 2000 :**

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu struktur SAP 2000, maka didapatkan hasil perhitungan struktur dan diagram gaya dalam. Hasil dari program bantu struktur SAP 2000 dapat digunakan pada proses perhitungan penulangan sloof.

#### ➤ **Hasil Output Torsi**

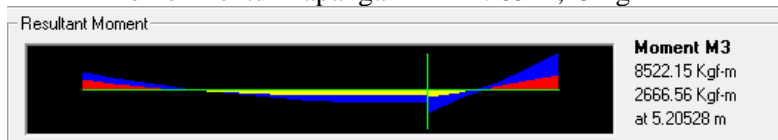
Kombinasi : 1,2D+1Ex+0,3Ey+1L  
Momen Puntir : 746,21 kg-m



Gambar 4. 60. Output Torsi Sloof S1A

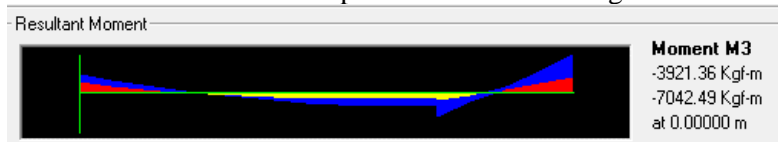
#### ➤ **Hasil Output Momen Lentur**

Kombinasi : 1,2D+1,6L  
Momen Lentur Lapangan : 8522,15 kg-m



Gambar 4. 61. Output Momen lapangan sloof S1A

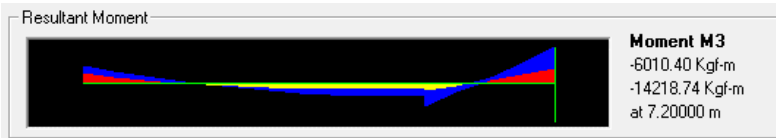
Kombinasi : 1,2D+1,6L  
Momen Lentur Tumpuan Kiri : 7042.49 kg-m



Gambar 4. 62. Output Momen tumpuan kiri sloof S1A

Kombinasi : 1,2D+1,6L

Momen Lentur Tumpuan Kanan : 14218,74 kg-m

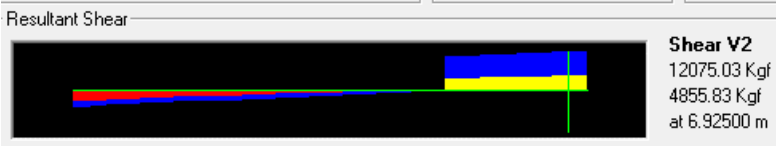


Gambar 4. 63. Output Momen tumpuan kanan sloof S1A

➤ **Hasil Output Diagram Gaya Geser**

Kombinasi : 1,2D+1Ex-0,3Ey+1L

Gaya geser : 12075,03 kg



Gambar 4. 64. Output Gaya geser sloof S1A

- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$A_{cp} = 300 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 180.000 \text{ mm}^2$$

Parameter luas irisan penampang beton  $A_{cp}$ :

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$P_{cp} = 2 \times (300 \text{ mm} + 600 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 1.800 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{sloof} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})$$

$$A_{oh} = (300\text{mm} - 2.50\text{mm} - 10\text{mm}) \times (600\text{mm} - 2.50\text{mm} - 10\text{mm})$$

$$A_{oh} = 93100 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_{oh} = 2 \times [(b_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser})]$$

$$P_{oh} = 2 \times [(300\text{mm} - 2.50\text{mm} - 10\text{mm}) + (600\text{mm} - 2.50\text{mm} - 10\text{mm})]$$

$$P_{oh} = 1360 \text{ mm}$$

### **Perhitungan Tulangan Puntir :**

Berdasarkan hasil analisa struktur SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar :

Momen puntir ultimate :

$$T_u = 7462100 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{4.134.900 \text{ Nmm}}{0,75} = 9949467 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

$$T_u \text{ min} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))

$$= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{25} \left( \frac{18000^2}{1800} \right)$$

$$= 5.602.500 \text{ Nmm}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal  $T_u$  dapat diambil sebesar :

$$T_u \text{ max} = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))

$$= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{25} \left( \frac{18000^2}{1800} \right)$$

$$= 8.910.000 \text{ Nmm}$$

Cek pengaruh momen puntir

$T_u < T_u \text{ min}$  , maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_u \text{ min}$  , maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi :

$$T_u > T_u \text{ min}$$

$$7462100 \text{ Nmm} > 5602500 \text{ Nmm} \text{ (tulangan puntir diperlukan)}$$

➤ Tulangan puntir untuk lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan (**SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7**) direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_h \times \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \theta$$

Dengan  $A_t/s$  dihitung sesuai dengan (**SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6**) berasal dari persamaan berikut

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt} \times \cot \theta}$$

$$\begin{aligned} \text{Dengan } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 0,85 \times 93100 \text{ mm}^2 \\ &= 79135 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \theta} \\ \frac{A_t}{s} &= \frac{9949467 \text{ Nmm}}{2 \times 79135 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ Nmm} \times \cot 45} \\ \frac{A_t}{s} &= 0,261 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga Tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_{oh} \times \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \theta$$

$$A_l = 0,261 \text{ mm} \times 1360 \text{ mm} \times \left( \frac{240 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times \cot^2 45$$

$$A_l = 213,73 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3) tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\frac{A_t}{s} \geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}}$$

$$0,261 \text{ mm} \geq \frac{0,175 \times 300 \text{ mm}}{240}$$

$$0,261 \text{ mm} \geq 0,218 \text{ mm}$$

Maka nilai  $A_t/s$  diambil = 0,261 mm

Cek nilai  $A_l$  min dengan persamaan :

$$\left( \frac{0,42 \times \sqrt{f'c'} \times A_{cp}}{F_y} - \frac{A_t}{s} \right) \times P_{oh} \times \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Maka nilai  $A_{lmin}$  :

$$\left( \frac{0,42 \times \sqrt{25 \text{ Mpa}} \times 18000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} - 0,261 \text{ mm} \right) \times 1360 \text{ mm} \times \frac{240 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{lmin} = 766,5 \text{ mm}^2$$

Kontrol penggunaan  $A_l$  dengan 2 kondisi yakni

$$A_{l\text{perlu}} \leq A_{l\text{min}} \text{ Maka menggunakan } A_{l\text{min}}$$

$$A_{l\text{perlu}} \geq A_{l\text{min}} \text{ Maka menggunakan } A_{l\text{perlu}}$$

Maka ;

$$A_{l\text{perlu}} \leq A_{l\text{min}}$$

$$213,737 \text{ mm}^2 \leq 766,5 \text{ mm}^2$$

Sehingga yang digunakan nilai  $A_l$  min sebesar 658,319  $\text{mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga :

$$\frac{A_l}{4} = \frac{766,5 \text{ mm}^2}{4} = 191,625 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok

- Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok  
Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar 164,58 mm. Pada sisi kanan dan sisi kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 383,25 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_l}{\text{Luas tulangan}} = \frac{383,25 \text{ mm}^2}{0,25 \pi 13 \text{ mm}^2}$$

$$n = 2,86 \approx 4 \text{ Buah}$$

$$n = 2,86 \approx 4 \text{ Buah}$$

Kontrol  $A_l \text{ pasang} > A_l \text{ perlu}$

$$\begin{aligned} A_l \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{Luasan D puntir} \\ &= 4 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times (13 \text{ mm})^2\right) \\ &= 530,929 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } A_l \text{ pasang} &> A_l \text{ perlu} \\ &= 530,929 \text{ mm}^2 > 329,159 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Sehingga tulangan puntir ditumpuan kiri, kanan dan lapangan dipasang sebesar **4Ø13**

### **Perhitungan Tulangan Lentur :**

#### **Garis Netral Dalam Kondisi Balance**

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600 + 400} \times 532 \text{ mm} \\ &= 319,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### **Garis Netral Maksimum**

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 319,2 \text{ mm} \\ &= 239,5 \text{ mm} \end{aligned}$$



Garis Netral Minimum

$$X_{min} = d'' \\ = 68 \text{ mm}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$C'_c = 0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$C'_c = 0,85 \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 300\text{mm} \times 0,85 \times 150 \text{ mm}$$

$$C'_c = 812.812,5 \text{ N}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$Asc = \frac{C'_c}{f_y} = \frac{812.812,5 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}}$$

$$Asc = 2032 \text{ mm}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$Mnc = Asc \times f_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right)$$

$$Mnc = 2.032 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left( 532 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 125 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mnc = 380599453,1 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_b = \left( \frac{0,85 \times f'_c \times \beta}{f_y} \right) \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \left( \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \right) \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,027$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0203 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{f_y}{0,85 \times 25} \\
 &= 18,823
 \end{aligned}$$

### **DAERAH TUMPUAN KANAN**

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan sloof menggunakan momen terbesar yang di dapat dari SAP2000 dari kombinasi 1,2D+1Ex-0,3Ey+1L. Karena sloof merupakan tie beam, maka tulangan tarik danteakan disamakan

$$M_u = 142187400 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 M_n &= \frac{142187400 \text{ Nmm}}{0,9}
 \end{aligned}$$

$$M_n = 157986000 \text{ Nmm}$$

### **Cek momen nominal tulangan lentur rangkap**

Syarat :

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 157986000 \text{ Nmm} - 380599453,1 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -222613453,1 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

### **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{157986000 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (542 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,823} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.18,823.1,86}{400}} \right)$$

$$= 0,004$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,004 < 0,02032 \text{ (**Memenuhi**)}$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,004 \times 300 \times 532$$

$$= 778,12 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = A_s + \frac{A_l}{4}$$

$$= 778,12 + 191,625$$

$$= 969,745 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas tulangan lentur} = \frac{1}{4} \times \pi \times (16)^2$$

$$= 201,06 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D16mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok

**Jumlah tulangan tarik :**

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{969,745 \text{ mm}^2}{201,06 \text{ mm}^2}$$

$$n = 4,13 \approx 5 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **5-D16**

$$A_{S_{\text{pasang}}} = n \times A_{S_{\text{tulangan tarik}}}$$

$$= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2$$

$$= 1005.309 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} A_{\text{Spasang}} &\geq A_{\text{Sperlu}} \\ 1005.309 \text{ mm}^2 &\geq 969,745 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

### Jumlah tulangan tekan :

Karena sloof merupakan tie beam, maka jumlah tulangan tekan=jumlah tulangan tarik.

Dipasang tulangan tekan **5-D16**

$$\begin{aligned} A_{\text{S' pasang}} &= n \times A_{\text{Stulangan tekan}} \\ &= 5 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 1005.309 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} A_{\text{S' pasang}} &\geq A_{\text{S perlu}} \\ 1005.309 \text{ mm}^2 &\geq 969,745 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = mm \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = mm \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

### Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{300\text{mm} - (2 \times 50\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (5 \times 16\text{mm})}{5 - 1} \\ &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{sejajar}} \\ 25 \text{ mm} &< 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis}) \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan lentur sloof 30/60 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 5-D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 5-D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

**(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)**

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **5D16**

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tarik}} \\ &= 5 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 1005,31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'\text{pasang}} &= n \times A_{s'\text{tulangan tarik}} \\ &= 5 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 1005,31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lentur tumpuan}(+) } &\geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)} \\ 1005,31 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 1005,31 \text{ mm}^2 \\ 1005,31 \text{ mm}^2 &\geq 335,103 \text{ mm}^2 \quad \quad \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 5-D16

**Kontrol kemampuan penampang**

$$A_{s\text{pasang}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{5D16} = 1005,31 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ a &= \frac{1005,31 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$a = 63,07 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 300 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 63,07 \text{ mm}$$

$$Cc' = 402123,86 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y$$

$$T = 1005,31 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 402123,86 \text{ N}$$

$$M_n = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left( 402123,86 \text{ N} \times \left( 532 \text{ mm} - \frac{63,07 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 201247258,2 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi M_{n_{\text{pasang}}} > M_u$$

$$0,8 \times 201247258,2 \text{ Nmm} > 142187400 \text{ Nmm}$$

$$160997806,5 \text{ Nmm} > 142187400 \text{ Nmm} \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk sloof 30/60 dengan bentang 720 m untuk daerah tumpuan kanan adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **5D16**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **5D16**

### **DAERAH TUMPUAN KIRI**

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri balok menggunakan momen terbesar yang di dapat dari SAP2000. Karena sloof merupakan tie beam, maka tulangan tarik dan tekan disamakan

Momen lentur ultimate

$$M_u = 70424900 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$M_n = \frac{70424900 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 78249888,89 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 78249888,89 \text{ Nmm} - 380599453,1 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -302349564,2 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

### Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{78249888,89 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (532 \text{ mm})^2}$$

$$= 0,92 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,823} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 0,92}{400}} \right)$$

$$= 0,002$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,002 < 0,02032$$

**(Tidak Memenuhi)**

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 1,3 \times 0,002 \times 300 \times 532$$

$$= 488,87 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$A_{s\text{perlu}} = A_s + \frac{A_l}{4}$$

$$= 488,87 + 191,625$$

$$= 680,49 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas tulangan lentur} = \frac{1}{4} \times \pi \times (16)^2$$

$$= 201,06 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D16 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan sloof.

**Jumlah tulangan tarik :**

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{680,49 \text{ mm}^2}{201,06 \text{ mm}^2}$$

$$n = 3,38 \approx 4 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **4-D16**

$$A_{s\text{pasang}} = n \times A_{s\text{tulangan tarik}}$$

$$= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2$$

$$= 804,247 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$A_{s\text{pasang}} \geq A_{s\text{perlu}}$$

$$804,247 \text{ mm}^2 \geq 680,49 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

**Jumlah tulangan tekan :**

Karena sloof merupakan tie beam, maka jumlah tulangan tekan=jumlah tulangan tarik.

Dipasang tulangan tekan **4-D16**

$$A_{s'\text{pasang}} = n \times A_{s'\text{tulangan tekan}}$$

$$= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2$$

$$= 804,247 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan



$$A_s'_{\text{pasang}} \geq A_s'_{\text{perlu}}$$

$$804,247 \text{ mm}^2 \geq 680,49 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = mm \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = mm \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

**Memenuhi)**

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = mm \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = mm \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

**Kontrol Tulangan Tarik**

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (4 \times 16 \text{ mm})}{4 - 1}$$

$$= 38,67 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$38,67 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \text{ (Susun 1 lapis)}$$

Maka dipakai tulangan lentur sloof 30/60 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 4D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentukumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentukumpuan}(-)$$

**(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)**

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **4D16**

$$\begin{aligned} A_{spasang} &= n \times A_{stulangan\ tarik} \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \\ &= 804,247 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s,pasang} &= n \times A_{stulangan\ tarik} \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \\ &= 804,247 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentukumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentukumpuan}(-)$$

$$804,247 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 804,247 \text{ mm}^2$$

$$804,247 \text{ mm}^2 \geq 268,1 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 4-D16

Tulangan tekan 4-D16

### **Kontrol kemampuan penampang**

$$A_{spasang} \text{ tulangan tarik } \mathbf{4D16} = 804,247 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ a &= \frac{804,247 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}} \\ a &= 50,46 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 50,46 \text{ mm}$$

$$Cc' = 321699,0877 \text{ N}$$

$$T = A_{spakai} \times f_y$$

$$T = 804,25 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 321699,0877 \text{ N}$$

$$Mn = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left( 321699,0877 \text{ N} \times \left( 532 \text{ mm} - \frac{50,46 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 163027028,2 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\emptyset. Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$0,8.163027028,2 \text{ Nmm} > 70424900 \text{ Nmm}$$

$$130421622,524 \text{ Nmm} > 70424900 \text{ Nmm} \text{ (**memenuhi**)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk sloof 30/60 dengan bentang 720 cm untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = **4D16**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **4D16**

### **DAERAH LAPANGAN**

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri balok menggunakan momen terbesar yang di dapat dari SAP2000. Karena sloof merupakan tie beam, maka tulangan tarik dan tekan disamakan

Momen lentur ultimate

$$Mu = 85221500 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$Mn = \frac{Mu}{\emptyset}$$

$$Mn = \frac{85221500 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$Mn = 94690555,56 \text{ Nmm}$$

Nmm

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ , maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$ , maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 94690555,56 \text{ Nmm} - 380599453,1 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -285908897,6 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

### **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{94690555,56 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (532 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,11 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,823} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 1,11}{400}} \right)$$

$$= 0,0028$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0028 < 0,02032$$

**(Tidak Memenuhi)**

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 1,3 \times 0,002 \times 300 \times 532$$

$$= 457,306 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$A_{s\text{perlu}} = A_s + \frac{A_l}{4}$$

$$= 457,306 + 191,625$$

$$= 648,93 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (16)^2 \\ &= 201,06 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D16 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan sloof.

**Jumlah tulangan tarik :**

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{648,93 \text{ mm}^2}{201,06 \text{ mm}^2}$$

$$n = 3,22 \approx 4 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **4-D16**

$$\begin{aligned}A_{s \text{ pasang}} &= n \times A_{s \text{ tulangan tarik}} \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 804,247 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned}A_{s \text{ pasang}} &\geq A_{s \text{ perlu}} \\ 804,247 \text{ mm}^2 &\geq 680,49 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}\end{aligned}$$

**Jumlah tulangan tekan :**

Karena sloof merupakan tie beam, maka jumlah tulangan tekan=jumlah tulangan tarik.

Dipasang tulangan tekan **4-D16**

$$\begin{aligned}A_{s' \text{ pasang}} &= n \times A_{s \text{ tulangan tekan}} \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 804,247 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned}A_{s' \text{ pasang}} &\geq A_{s' \text{ perlu}} \\ 804,247 \text{ mm}^2 &\geq 680,49 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}\end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

**Memenuhi)**

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

**Kontrol Tulangan Tarik**

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (4 \times 16 \text{ mm})}{4 - 1} \\ &= 38,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$38,67 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Susun 1 lapis)}$$

Maka dipakai tulangan lentur sloof 30/60 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 4D16

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok**

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan}}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan}}(-)$$

**(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)**

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **4D16**

$$\begin{aligned} A_{spasang} &= n \times A_{stulangan \text{ tarik}} \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \end{aligned}$$

$$= 804,247 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{s,\text{pasang}} &= n \times A_{\text{tulangan tarik}} \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \\ &= 804,247 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}}(+)\geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}}(-)$$

$$804,247 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 804,247 \text{ mm}^2$$

$$804,247 \text{ mm}^2 \geq 268,1 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 4-D16

Tulangan tekan : 4-D16

### Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s,\text{pasang}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{4D16} = 804,247 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{804,247 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = 50,46 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 50,46 \text{ mm}$$

$$Cc' = 321699,0877 \text{ N}$$

$$T = A_{s,\text{pakai}} \times f_y$$

$$T = 804,25 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 321699,0877 \text{ N}$$

$$Mn = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left( 321699,0877 \text{ N} \times \left( 532 \text{ mm} - \frac{50,46 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 163027028,2 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\emptyset. Mn_{pasang} > Mu$$

$$0,8.163027028,2 \text{ Nmm} > 70424900 \text{ Nmm}$$

$$130421622,524 \text{ Nmm} > 70424900 \text{ Nmm} \text{ (**memenuhi**)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk sloof 30/60 dengan bentang 720 cm untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = **4D16**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **4D16**

### **Perhitungan Tulangan Geser :**

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan lentur balok didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada tumpuan kanan dan tumpuan kiri balok induk. Luasan tulangan tersebut digunakan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan. Berdasarkan hasil SAP 2000, gaya terfaktor geser terbesar diperoleh  $V_u = 120750,3 \text{ Nmm}$ .

### **Momen Nominal Penampang**

Momen nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri.

1. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan

$$A_s = 1005,31 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 402,124 \text{ mm}^2$$

### **Momen nominal tumpuan kiri**

$$a = \frac{A_s' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{402 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = 15,12 \text{ mm}$$

$$Mn_l = A_s' \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn_l = 402 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N}$$

$$/\text{mm}^2 \times \left( 532 \text{ mm} - \frac{15,12 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn_l = 50612654,62 \text{ Nmm}$$



Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{1005,31 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 37,85 \text{ mm}$$

$$Mn_R = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_R = 1005,31 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(532 \text{ mm} - \frac{37,85 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn_R = 123792187,3 \text{ Nmm}$$

## 2. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri

$$As = 1005,31 \text{ mm}^2$$

$$As' = 402 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{1005,31 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 37,85 \text{ mm}$$

$$Mn_l = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_l = 1005,31 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(532 \text{ mm} - \frac{37,85 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn_l = 123792187,3 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As' \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{402 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

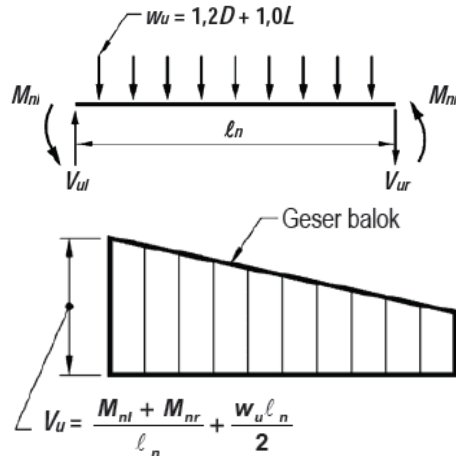
$$a = 15,12 \text{ mm}$$

$$Mn_r = As' \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_r = 402 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(532 \text{ mm} - \frac{15,12 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$M_{nr} = 50612654,62 \text{ Nmm}$$

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4**.



Gambar 4. 65 Geser Desain untuk SRPMM

**Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari**

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan

$V_{u1}$  : gaya geser pada muka perletakan

$M_{nl}$  : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

$M_{nr}$  : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

$l_n$  : panjang balok bersih

$$\begin{aligned} l_n &= L_{\text{balok}} - 2 \left( \frac{1}{2} \times b_{\text{kolom}} \right) \\ &= 7200 \text{ mm} - 2 \left( \frac{1}{2} \times 550 \text{ mm} \right) \end{aligned}$$

$$= 6650 \text{ mm}$$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{50612654,62 \text{ Nmm} + 123792187,3 \text{ Nmm}}{6550 \text{ mm}} + 120750,3 \text{ N}$$

$$V_{u1} = 146976,59 \text{ N}$$

### Syarat kuat tekan beton ( $F_c'$ )

Nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa  
(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{25} \text{ mpa} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \quad (\text{memenuhi syarat SNI})$$

### Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

$$\lambda = 1, \text{ untuk beton normal}$$

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 300 \text{ mm} \times 532 \text{ mm}$$

$$V_c = 133000 \text{ N}$$

### Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times 300 \text{ mm} \times 532 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\min}} = 53200 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 532 \text{ mm}$$

$$V_{S_{\max}} = 266000 \text{ N}$$

$$2V_{S_{\max}} = 2 \times 266000 \text{ N}$$

$$2V_{S_{\max}} = 532000 \text{ N}$$

### **Pembagian Wilayah Geser Balok**

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang.
2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke tengah bentang balok.

### **Perhitungan Penulangan Geser Balok**

#### Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 146976,59 \text{ N}$$

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1  $\rightarrow$  Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$$

$$146976,59 \text{ N} > 56525 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

2. Kondisi Geser 2  $\rightarrow$  Memerlukan tulangan geser minimum

$$0,5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$$

$$56525 \text{ N} \leq 146976,59 \text{ N} \leq 113050 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

3. Kondisi Geser 3  $\rightarrow$  Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi (V_c + V_{S_{\min}})$$

$$113050 \text{ N} \leq 146976,59 \text{ N} \leq 158270$$

**(memenuhi)**

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 3

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

Syarat spasi tulangan :

$$S_{maks} \leq d/4 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = d/4$$

$$= 532 \text{ mm}/4$$

$$= 133 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 100 mm

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 2$$

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

Luas penampang geser

$$A_v \text{ min} = \frac{b_w \cdot s}{f_y \cdot 3}$$

$$= \frac{300 \text{ N} \cdot 100 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa} \cdot 3 \text{ mm}} = 41,67 \text{ mm}^2$$

$A_v \text{ pakai} > A_v \text{ perlu}$

$$157,08 \text{ mm}^2 > 41,67 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Kontrol :

$$S < S_{maks}$$

$$100 \text{ mm} < 133 \text{ mm}$$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah

tengah bentang. Senggang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum senggang tidak boleh melebihi :

- $d/4$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter senggang
- 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

- $S_{pakai} < d/4$   
 $100 \text{ mm} < 532 \text{ mm}/4$   
 $100 \text{ mm} < 133 \text{ mm}$  **(Memenuhi)**
- $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$   
 $100 \text{ mm} < 8 \times 16 \text{ mm}$   
 $100 \text{ mm} < 128 \text{ mm}$  **(Memenuhi)**
- $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$   
 $100 \text{ mm} < 24 \times 10$   
 $100 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$  **(Memenuhi)**
- $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$   
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$  **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (senggang) D10-100 mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

### Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segetiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{V_{u2}}{0,5L_n - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5L_n}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0,5L_n + 2h)}{0,5L_n}$$

$$V_{u2} = \frac{146976,59 \text{ N} \times (0,5 \cdot 6550 \text{ mm} - 1200 \text{ mm})}{0,5 \cdot 6550 \text{ mm}}$$

$$V_{u2} = 93932,41 \text{ N}$$

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1  $\rightarrow$  Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$$

$$93932,41 \text{ N} \leq 56525 \text{ N}$$

**( Tidak Memenuhi)**

2. Kondisi Geser 2  $\rightarrow$  Memerlukan tulangan geser minimum

$$0,5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$$

$$56525 \text{ N} \leq 93932,41 \text{ N} \leq 113050 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 2

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

Syarat spasi tulangan :

$$S_{maks} \leq d/4 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = d/2$$

$$= 532 \text{ mm}/2$$

$$= 266 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 125 mm

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm}^2) \times 2$$

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

Luas penampang geser

$$A_v \text{ min} = \frac{b w . s}{f_y . 3}$$

$$= \frac{300 \text{ N} \cdot 100 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa} \cdot 3 \text{ mm}} = 52,08 \text{ mm}^2$$

$A_v \text{ pakai} > A_v \text{ perlu}$

$$157,08 \text{ mm}^2 > 52,08 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Kontrol :

$$S < S_{\text{maks}}$$

$$125 \text{ mm} < 266 \text{ mm}$$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada sloof.**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/4$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

*(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))*

Cek persyaratan :

- $S_{\text{pakai}} < d/4$   
 $125 \text{ mm} < 532 \text{ mm}/2$   
 $125 \text{ mm} < 266 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$
- $S_{\text{pakai}} < 8 \times D_{\text{lentur}}$   
 $125 \text{ mm} < 8 \times 16 \text{ mm}$   
 $125 \text{ mm} < 128 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$
- $S_{\text{pakai}} < 24 \times D_{\text{geser}}$   
 $125 \text{ mm} < 24 \times 10$   
 $125 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$
- $S_{\text{pakai}} < 300 \text{ mm}$   
 $125 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$



Maka, digunakan tulangan geser (senggang) D10-250 mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan sloof.

### Perhitungan Panjang Penyaluran

1. Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

$l_d$  = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

$d_b$  = Diameter tulangan

$\Psi_t$  = factor lokasi penulangan = 1

$\Psi_e$  = Faktor pelapis = 1

$\lambda$  = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{25}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_d = 609,52 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$609,52 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Reduksi panjang penyaluran :

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{1005,31 \text{ mm}^2}{969,74 \text{ mm}^2} \times 609,52 \text{ mm}$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = 587,96 \text{ mm}$$

2. Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 307,2 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 0,043 \times f_y \times d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \times 400 \text{ Mpa} \times 25 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 275,2 \text{ mm}$$

Diambil nilai terbesar,  $l_{dc} = 307,2 \text{ mm}$

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_{dc}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{1005,31 \text{ mm}^2}{969,74 \text{ mm}^2} \times 307,2 \text{ mm}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = 230,4 \text{ mm}$$

3. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 307,2 \text{ mm}$$

$$8d_b = 8 \times 16 \text{ mm}$$

$$= 128 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$307,2 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$l_{dh} > 8d_b$$

$$307,2 \text{ mm} > 200 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Rekap penulangan Sloof :

Tabel 4. 32. Rekapitulasi penulangan sloof

Tipe Balok	Dimensi	Bentang (cm)	Torsi	Lentur				Geser	
				Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
				Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
S1A	300 x 600	720	4D13	5D16	5D16	4D16	4D16	Ø10-100	Ø10-125
S1B	300 x 600	360	4Ø12	4D16	4D16	2D16	2D16	Ø10-100	Ø10-125

#### 4.2.2.9. Pondasi

Daya dukung tanah dihitung menggunakan rumus Meyerhof (1956). Berdasarkan nilai N-SPT yang tinggi dan jenis tanah lempung, berikut perhitungan pondasi tiang pancang.

Kapasitas tiang pancang secara empiris dari nilai N hasil pengujian SPT menurut Meyerhoff dinyantakan dengan rumus :

$$Q_{ijin} = \frac{40 \cdot Nb \cdot A_p}{SF} + 0,2 \cdot \sum N_f \cdot k \quad (\text{Meyerhof 1956})$$

Nb = Nilai SPT di sekitar dasar tiang, dihitung dari 8D di atas dasar tiang s.d 4D di bawah dasar tiang.

A<sub>p</sub> = Luas dasar tiang (m<sup>2</sup>)

N<sub>f</sub> = Nilai N\*kedalaman tiap lapisan tanah.

k = Keliling tiang (m<sup>2</sup>)

##### 4.2.2.9.1. Perhitungan Daya Dukung Tanah

###### 1. Data perencanaan

Kedalaman (L) : 17 m

Diameter pile rencana (D) : 0,30 m

Luas tiang (A<sub>p</sub>) :  $\frac{1}{4} \pi d^2 = 0,071 \text{ m}^2$

Keliling selimut tiang (k) :  $\pi \cdot d = 0,942 \text{ m}^2$

Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 MPa

Safety factor (SF) : 3

## 2. Data tanah

Tabel 4. 33. Data Tanah Hasil Uji SPT

Kedalaman (m)	Nilai N SPT	Nfriksi (N*kedalaman)
2.00	7.00	14.00
4.00	9.00	18.00
6.00	10.00	20.00
8.00	16.00	32.00
10.00	18.00	36.00
12.00	20.00	40.00
14.00	16.00	32.00
14.60	17.20	10.32
16.00	20.00	28.00
17.00	20.00	20.00
18.00	20.00	
18.20	20.40	
$\sum \text{Nfriksi}$		250.32

Daya dukung

$$N1(L-8D) = 14,6\text{m} = 17,20$$

$$16\text{m} = 20$$

$$17\text{m} = 20$$

$$N1 = \frac{17,20+20+20}{3} = 19,067$$

$$N2 (L+4D) = 18,2 \text{ m} = 20,40$$

$$18 \text{ m} = 20$$

$$17\text{m} = 20$$

$$N1 = \frac{20,40+20+20}{3} = 20,133$$

$$N_b \left( \frac{N1+N2}{2} \right) = 19,867$$

$$\Sigma Nf.k = 250,32$$

$$Q_{ijin} = \frac{40.19,867.0,071m^2}{3} + 0,2.250,32.0,942m^2$$

$$Q_{ijin} = 65,90 \text{ ton}$$

3. Kebutuhan jumlah tiang

(Output SAP 2000)

$$P_{maks} = 181,774 \text{ ton (1D+1L)}$$

$$M_{ux} = 2,15 \text{ tm (1D+1L)}$$

$$M_{uy} = 1,44 \text{ tm (1D+1L)}$$

$$n = \frac{P_{maks}}{P_{ijin}} = \frac{181,774 \text{ ton}}{65,90 \text{ ton}} = 2,76 \rightarrow 3 \text{ buah}$$

**4.2.2.9.2. Cek Kemampuan Bahan (Pile)**

Dipakai *pile* ECP (*Eng ben spun Concrete Piles*) Ø 0,30 m

Tabel 4. 34. Spesifikasi Tiang Pancang

PROPERTIES OF ECP SPUN PILE- STANDARD PRODUCTS												
Nominal Diameter	Class	Nominal Thickness	Length	Nominal Weight	P.C Bar		Area of concrete	Section Modulus	Bending Moment		Recommended Max Axial Working Load (For a short strut)	Effective Prestress
					7.1mm	9.0mm			Cracking	Ultimate		
mm		mm		kg/m	no.	no.	mm <sup>2</sup>	x 1000mm <sup>3</sup>	kNm	kNm	t	N/mm <sup>2</sup>
250	B	55	6-12	88	6	-	33,694	1,435	14.9	29	62	6.3
300	A	60	6-12	118	6	-	45,239	2,373	20.4	34.8	85	4.6
	B	60	6-12	118	7	-	45,239	2,383	23	40.6	84	5.6
	A	60	6-12	142	6	-	54,664	3,506	28.1	40.6	104	4
350	B	70	6-12	160	9	-	61,575	3,778	35.4	60.8	115	5.3
	A	65	6-12	178	8	-	68,408	5,106	41	61.8	130	4
400	B	80	6-12	209	-	8	80,425	5,643	53.4	92.7	150	5.4
	C	80	6-12	209	-	12	80,425	5,747	69	148.3	145	7.6
	A	70	6-12	217	10	-	83,566	7,113	57.8	86.9	158	4.1
450	B	80	6-12	242	-	8	92,991	7,624	69.3	111.2	174	5.1
	C	80	6-12	242	-	12	92,991	7,734	86.5	166.9	169	7.2
	A	80	6-12	274	12	-	105,558	9,888	79.1	115.9	200	4
500	B	90	6-12	301	-	10	115,925	10,518	95.7	154.5	217	5.1
	C	90	6-12	301	-	16	115,925	10,670	119.6	231.7	210	7.2
	A	90	6-12	375	-	12	144,199	16,586	148.3	222.5	270	4.9
600	B	100	6-12	408	-	14	157,080	17,546	162.3	259.6	293	5.2
	C	100	6-12	408	-	20	157,080	17,761	196	365	286	7

Network: PHC - High Performance Spun High Concrete Piles

(Subject to change without prior notice)

Network: PHC - High Performance Spun High Concrete Piles

(Subject to change without prior notice)

Qijin tiang > Qijin tanah  
 85 ton > 65,90 ton (OK)

#### 4.2.2.9.3. Perencanaan Pile Cap

##### 1. Data Perencanaan.

BJ beton : 2,4 t/m<sup>3</sup>  
 Pijin pile : 65,90 ton  
 Lebar kolom : 550 mm  
 Tul. utama : 16 mm  
 Tul. susut : 12 mm  
 Mutu beton : 25 MPa  
 Mutu baja : 400 MPa  
 Selimut beton: 40 mm  
 Tebal pile cap: 600 mm

(SNI 03-2847-2013 pasal 7.7.1.a)

##### 2. Perencanaan dimensi pile cap.

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)  
 $2,5D \geq S \geq 3D$   
 $0,75 \text{ m} \geq S \geq 0,9 \text{ m}$

Dipakai jarak : 0,9 m

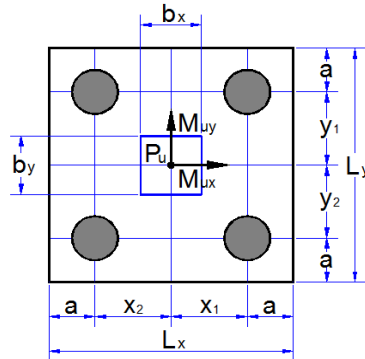
Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi pile cap ( $S'$ )

$$1,5D \geq S' \geq 2D$$

$$0,45 \text{ m} \geq S' \geq 0,6 \text{ m}$$

Dipakai jarak : 0,6m

Maka didapat dimensi pile cap :



Gambar 4. 66. Dimensi Pilecap

$$b_x = b_y = 550 \text{ mm}$$

$$X_1 = X_2 = 900 \text{ mm}$$

$$A = 450 \text{ mm}$$

$$L_x + L_y = 1800 \text{ mm}$$

#### 4.2.2.9.4. Pengecekan Ulang Kebutuhan Pile

Pemeriksaan ulang kebutuhan tiang setelah didapat dimensi pile cap dan diasumsikan tebal pile cap.

$$\begin{aligned} \text{Berat pile cap} &= \text{Volume pile cap} \cdot B_{\text{beton}} \\ &= 0,6 \text{ m} \cdot 1,8 \text{ m} \cdot 1,8 \text{ m} \cdot 2,4 \text{ t/m}^3 \\ &= 4,67 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat tanah} &= (A \text{ pile cap} - A \text{ kolom}) \cdot \text{tebal} \cdot B_{\text{tanah}} \\ &= (1,8 \text{ m}^2 - 0,55^2) \cdot 1 \text{ m} \cdot 1,68 \text{ t/m}^3 \\ &= 4,94 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Berat pile} &= \text{Berat pile} \cdot \text{kedalaman} \cdot n \\
&= 0,118 \text{ ton} \cdot 17 \text{ m} \cdot 3 \\
&= 8,02 \text{ ton} \\
\text{P akibat beban pondasi} & \\
\text{Berat pile cap} &= 4,67 \text{ ton} \\
\text{Berat pile} \cdot \text{jumlah pile} &= 8,02 \text{ ton (brosur ECP)} \\
\text{Berat tanah diatas pilecap} &= 4,94 \text{ ton} \\
\text{P aksial} &= \underline{181,77 \text{ ton} +} \\
&= 199,4 \text{ ton} \\
n = \frac{P_{\text{total}}}{\eta \cdot P_{\text{tiang}}} &= \frac{199,4 \text{ ton}}{52,4 \text{ ton}} = 3,04 \rightarrow 4 \text{ buah}
\end{aligned}$$

#### 4.2.2.9.5. Perhitungan Beban Maks. yang Diterima Tiang

Gaya luar yang bekerja pada kolom didistribusikan pada pile cap dan kelompok tiang pondasi berdasarkan rumus elastisitas dengan menganggap bahwa pile cap kaku sempurna (pelat pondasi cukup tebal), sehingga pengaruh gaya yang bekerja tidak menyebabkan pile cap melengkung atau deformasi. Maka rumus yang dipakai adalah sebagai berikut.

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y}{\sum y^2}$$

Dengan :

$M_x, M_y$  : Momen masing – masing di sumbu X dan Y

$x, y$  : Jarak dari sumbu x dan y ke tiang

$\sum x^2, \sum y^2$  : Momen inersia dari kelompok tiang

$V$  : Jumlah beban vertikal total

$n$  : Jumlah tiang kelompok

$P$  : Reaksi tiang atau beban axial tiang



Tabel 4. 35. Data Susunan Tiang Pancang

DATA SUSUNAN TIANG PANCANG							
Susunan tiang pancang arah x :				Susunan tiang pancang arah y :			
No.	Jumlah n	x (m)	n * x <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	No.	Jumlah n	y (m)	n * y <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )
1	2	0.450	0.405	1	2	0.450	0.405
2	2	-0.450	0.405	2	2	0.450	0.405
n =	4	Σ x <sup>2</sup> =	0.810	n =	4	Σ y <sup>2</sup> =	0.810
Lebar pilecap arah x,						L <sub>x</sub> =	1.80 m
Lebar pilecap arah y,						L <sub>y</sub> =	1.80 m

(Output SAP 2000)

1. Ditinjau dari kombinasi beban tetap (1D+1L)

Mux : 2,153 tm

Muy : 1,447 tm

V = Ptotal : 199,399 ton

n : 4

$$\begin{aligned}
 P \text{ tiang 1} &= \frac{P_{total}}{n \text{ total}} - \frac{Mux \cdot Y_{max}}{\sum y^2 \cdot n \text{ 2 baris}} + \frac{My \cdot X_{max}}{\sum x^2 \cdot n \text{ 1 baris}} \\
 &= \frac{199,399 \text{ ton}}{4} - \frac{2,153 \text{ tm} \cdot 0,45\text{m}}{0,45\text{m} \cdot 2} + \frac{1,447\text{tm} \cdot 0,45\text{m}}{0,45\text{m} \cdot 2} \\
 &= 49,457 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ tiang 2} &= \frac{P_{total}}{n \text{ total}} + \frac{Mux \cdot Y_{max}}{\sum y^2 \cdot n \text{ 2 baris}} + \frac{My \cdot X_{max}}{\sum x^2 \cdot n \text{ 1 baris}} \\
 &= \frac{199,399 \text{ ton}}{4} + \frac{2,153 \text{ tm} \cdot 0,45\text{m}}{0,45\text{m} \cdot 2} + \frac{1,447\text{tm} \cdot 0,45\text{m}}{0,45\text{m} \cdot 2} \\
 &= 51,85 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ tiang 3} &= \frac{P_{total}}{n \text{ total}} - \frac{Mux \cdot Y_{max}}{\sum y^2 \cdot n \text{ 2 baris}} - \frac{My \cdot X_{max}}{\sum x^2 \cdot n \text{ 1 baris}} \\
 &= \frac{199,399 \text{ ton}}{4} - \frac{2,153 \text{ tm} \cdot 0,45\text{m}}{0,45\text{m} \cdot 2} - \frac{1,447\text{tm} \cdot 0,45\text{m}}{0,45\text{m} \cdot 2} \\
 &= 47,85 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ tiang } 4 &= \frac{P_{total}}{n \text{ total}} + \frac{Mux.Ymax}{\sum y^2.n \text{ 2 baris}} - \frac{My.Xmax}{\sum x^2.n \text{ 1 baris}} \\
 &= \frac{199,399 \text{ ton}}{4} + \frac{2,153 \text{ tm. } 0,45m}{0,45m. 2} - \frac{1,447 \text{ tm. } 0,45m}{0,45m. 2} \\
 &= 50,242
 \end{aligned}$$

2. Ditinjau dari kombinasi beban sementara  
(1D+1L+0,3Ex+1Ey)

$$Mux : 22,293 \text{ tm}$$

$$Muy : -3,402 \text{ tm}$$

$$V = P_{total} : 198,377 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ tiang } 1 &= \frac{P_{total}}{n \text{ total}} - \frac{Mux.Ymax}{\sum y^2.n \text{ 2 baris}} + \frac{My.Xmax}{\sum x^2.n \text{ 1 baris}} \\
 &= \frac{198,377 \text{ ton}}{4} - \frac{22,293 \text{ tm. } 0,45m}{0,45m. 2} + \frac{-3,402 \text{ tm. } 0,45m}{0,45m. 2} \\
 &= 63,869 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ tiang } 2 &= \frac{P_{total}}{n \text{ total}} + \frac{Mux.Ymax}{\sum y^2.n \text{ 2 baris}} + \frac{My.Xmax}{\sum x^2.n \text{ 1 baris}} \\
 &= \frac{198,377 \text{ ton}}{4} + \frac{22,293 \text{ tm. } 0,45m}{0,45m. 2} + \frac{-3,402 \text{ tm. } 0,45m}{0,45m. 2} \\
 &= 60,089 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ tiang } 3 &= \frac{P_{total}}{n \text{ total}} - \frac{Mux.Ymax}{\sum y^2.n \text{ 2 baris}} - \frac{My.Xmax}{\sum x^2.n \text{ 1 baris}} \\
 &= \frac{198,377 \text{ ton}}{4} - \frac{22,293 \text{ tm. } 0,45m}{0,45m. 2} - \frac{-3,402 \text{ tm. } 0,45m}{0,45m. 2} \\
 &= 39,099 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ tiang } 4 &= \frac{P_{total}}{n \text{ total}} + \frac{Mux.Ymax}{\sum y^2.n \text{ 2 baris}} - \frac{My.Xmax}{\sum x^2.n \text{ 1 baris}} \\
 &= \frac{198,377 \text{ ton}}{4} + \frac{22,293 \text{ tm. } 0,45m}{0,45m. 2} - \frac{-3,402 \text{ tm. } 0,45m}{0,45m. 2} \\
 &= 35,319 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\text{Maka } P_{maks} = 63,869 \text{ ton}$$

Syarat

$$P_{maks} < P_{ijin \text{ tanah}}$$

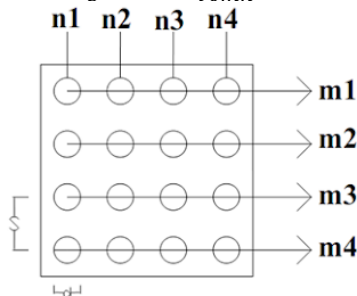
$$63,869 \text{ ton} < 65,90 \text{ ton}$$

#### 4.2.2.9.6. Cek Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi

Pada pondasi tiang group daya dukung yang didapat pada tidak akan sama dengan daya dukung satu tiang dikalikan dengan jumlah tiang tersebut. Hal ini dikarenakan faktor penyebaran tegangan di sekeliling tiang-tiang dalam tanah yang saling tumpang tindih, yang menyebabkan pengurangan daya dukung. Untuk itu diperlukan nilai koreksi yang dinyatakan dengan efisiensi, yang nantinya dikalikan dengan daya dukung tiang (kapasitas per satu tiang). Sehingga hasil dari perkalian inilah yang nantinya dipakai sebagai daya dukung pondasi tersebut.

Rumus efisiensi.

$$\eta = 1 - \text{Arctag}\left(\frac{D}{S}\right) \left[ \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90mn} \right]$$



(Converse Labarre)

- $\eta$  : Efisiensi tiang grup
- D : Diameter tiang
- m : Jumlah tiang dalam satu baris
- n : Jumlah tiang dalam satu kolom
- D : 0,3 m
- S : 0,9 m
- M : 2
- n : 2

$$\eta = 1 - \text{Arctag}\left(\frac{0,3m}{0,9m}\right)\left[\frac{(2-1)^2 + (2-1)^2}{90.2.2}\right]$$

$$\eta = 0,795$$

Cek daya dukung.

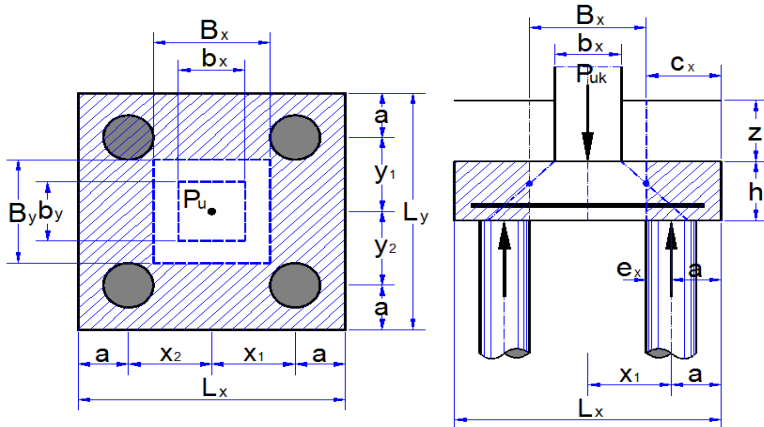
$$\eta \cdot P_{\text{tiang}} \cdot n > P_{\text{total}}$$

$$0,795 \cdot 65,900 \cdot 4 > 199,377$$

$$208,832 \text{ ton} > 199,377 \quad (\text{OK})$$

#### 4.2.2.9.7. Pemeriksaan Terhadap Geser Dua Arah

Perhitungan geser pons bertujuan untuk mengetahui apakah tebal pile cap cukup kuat untuk menahan beban terpusat yang terjadi. Bidang kritis untuk perhitungan geser pons dapat dianggap tegak lurus bidang pelat yang terletak pada jarak  $0,5d$  dari keliling beban reaksi terpusat tersebut, dimana  $d$  adalah tinggi efektif pelat.



Gambar 4. 67. Ilustrasi Geser 2 Arah

1. Geser dua arah di sekitar tiang pancang.

$$\begin{aligned} d &= \text{tebal pile cap -selimut-}\varnothing\text{tul.} \\ &= 600\text{mm}-40\text{mm}-16/2\text{mm} \\ &= 544\text{mm} \end{aligned}$$

Daerah kritis berada pada jarak  $d/2$  dari muka kolom

$$d/2 = \frac{544\text{mm}}{42} = 272 \text{ mm}$$

sehingga, dimensi area kritis :

$$\begin{aligned} B_x &= b_x + d \\ &= 550 \text{ mm} + 544 \text{ mm} \\ &= 1094 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_y &= b_y + d \\ &= 550 \text{ mm} + 544 \text{ mm} \\ &= 1094 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_0 &= 2 ( B_x + B_y ) \\ &= 2 ( 1094 \text{ mm} + 1094 \text{ mm} ) \\ &= 4376 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$L_x = 1800 \text{ mm}$$

$$L_y = 1800 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_t &= (L_x \times L_y) - (B_x \times B_y) \\ &= (1800 \text{ mm} \times 1800 \text{ mm}) - (1094 \text{ mm} \times 1094 \text{ mm}) \\ &= 2043164 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$a_s = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \beta_c &= L_x / L_y \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\lambda = 1$$

$$\begin{aligned} V_u &= P_{\text{kolom}} \\ &= 1817,74 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kapasitas geser pile untuk dua arah geser

$$V_{c1} = 0,17 \left( \frac{1+2}{\beta_c} \right) \lambda f_c^{0,5} b_0 d = 6.070.387 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_0} \right) \lambda f_c^{0,5} b_0 d = 6.888.389 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,33 \lambda f_c^{0,5} b_0 d = 3927898 \text{ N (Menentukan)}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 3927898 \text{ N} = 2945923,20 \text{ N} = 2945,92 \text{ kN} \\ 2945,92 \text{ kN} &> V_u (1817,74 \text{ kN}) \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

1. Geser dua arah di sekitar tiang pancang.

$$\emptyset + d = 300 \text{ mm} + 544 \text{ mm} = 844 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} b_0 &= \text{keliling } (\emptyset + d) \\ &= 844 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diketahui beban terpusat tiang pancang

$$\begin{aligned} V_u = P_u &= 63,869 \text{ ton} \\ &= 638,69 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka, untuk nilai  $V_c$  yang dipakai adalah yang terkecil diantara tiga pers. berikut.

$$V_{c1} = 0,17 \left( \frac{1+2}{\beta_c} \right) \lambda f_c^{0,5} b_o d = 3678167 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda f_c^{0,5} b_o d = 6109745 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,33 \lambda f_c^{0,5} b_o d = 2379990 \text{ N (Menentukan)}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 2379990 \text{ N} \\ &= 1784992,63 \text{ N} \\ &= 1784,99 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$1784,99 \text{ kN} > V_u (638,69 \text{ kN}) \quad (\text{OK})$$

#### 4.2.2.9.8. Desain Tulangan Pile Cap

Nilai momen lentur yang digunakan untuk mendesain penulangan pile cap diambil dari reaksi tiang pancang terhadap muka kolom. Dalam kasus ini ada dua buah tiang pancang yang menimbulkan momen terhadap muka kolom di masing-masing arah, maka penampang lentur kritis berada pada muka kolom.

Data perencanaan penulangan :

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

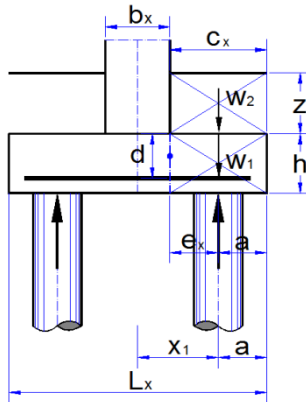
$$\text{decking} = 40 \text{ mm}$$

$$D \text{ tulangan} = 16 \text{ mm}$$

$$D = 544 \text{ mm}$$

$$BJ \text{ beton} = 2,4 \text{ t/m}^3$$

$$BJ \text{ tanah} = 1,68 \text{ t/m}^3$$



Gambar 4. 68. Ilustrasi beban yang bekerja pada pondasi

$C_x$  ( jarak dari ujung poer ke tepi kolom ) = 0,625m

$a$  ( jarak dari as pancang ke tepi kolom ) = 0,175m

$z$  = 1m

$h$  = 0,6m

$L_y$  = 1,8m

$Q$  diatas bidang ditinjau = berat poer ( $W_1$ ) dan tanah ( $W_2$ )

$W_1 = C_x \cdot h \cdot L_y \cdot BJ_{\text{beton}}$

$$= 0,625\text{m} \cdot 0,6\text{m} \cdot 1,8\text{m} \cdot 2,4 \text{ t/m}^3$$

$$= 1,62 \text{ ton}$$

$W_2 = C_x \cdot z \cdot L_y \cdot BJ_{\text{tanah}}$

$$= 0,625\text{m} \cdot 1\text{m} \cdot 1,8\text{m} \cdot 1,68 \text{ t/m}^3$$

$$= 1,89 \text{ ton}$$

$Q = W_1 + W_2$

$$= 3,51 \text{ ton}$$

$P = P_{\text{maks}} \times \text{jumlah tiang}$

$$= 63,869 \text{ ton} \times 2$$

$$= 127,739 \text{ ton}$$

# 1. Tulangan arah x

$$M_u = M_p - M_q$$

$$\begin{aligned}
 &= (P \times b^2) - (0,5 Q_u C x^2) \\
 &= (127,739 \times 0,175) - (0,5 \times 3,51 \times 0,625^2) \\
 &= 216687042 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{216687042}{0,9 \times 1800 \times 544^2}$$

$$R_n = 0,452$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2}{240 \text{ N/mm}^2} \left( \frac{600}{600 + 240 \text{ N/mm}^2} \right) \\
 &= 0,0271
 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 B.8.42)

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0271 = 0,0203$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f'_c}} \right]$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times 25}{400} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,452}{0,85 \times 25}} \right]$$

$$\rho_{perlu} = 0,00114$$

**Cek persyaratan:**

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,00114 < 0,0203 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Karena  $\rho_{min} > \rho$ , maka  $\rho = \text{ditambah } 30\% \text{ dari } \rho$

Sehingga  $\rho = 1,3 \times \rho$

$$\rho = 1,3 \times 0,00114$$

$$\rho = 0,0011485 < \rho_{min}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Asperlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0011485 \times 1800 \times 544 \\
 &= 1454 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



Sehingga dipasang tulangan D16-225 mm dengan As pakai = 1608,5 mm<sup>2</sup>

## 2. Tulangan Arah Y

$$\begin{aligned} M_u &= Mp - Mq \\ &= (127,739 \times 0,175) - (0,5 \times 3,51 \times 0,625^2) \\ &= 216687042 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{216687042}{0,9 \times 1800 \times 544^2}$$

$$R_n = 0,452$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c' \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \left( \frac{600}{600 + 240 \text{ N/mm}^2} \right)}{240 \text{ N/mm}^2} \\ &= 0,0271 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 B.8.42)

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0271 = 0,0203$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right]$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times 25}{400} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,452}{0,85 \times 25}} \right]$$

$$\rho_{perlu} = 0,00114$$

### Cek persyaratan:

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,00114 < 0,0203 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Karena  $\rho_{min} > \rho$ , maka  $\rho = \text{ditambah } 30\% \text{ dari } \rho$

Sehingga  $\rho = 1,3 \times \rho$

$$\rho = 1,3 \times 0,00114$$

$$\rho = 0,001485 < \rho_{min}$$

$$\begin{aligned}\text{Asperlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0011485 \times 1800 \times 544 \\ &= 1454 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Sehingga dipasang tulangan D16-225 mm dengan As pakai = 1608,5 mm<sup>2</sup>

### 3. Tulangan Susut dan Suhu (Atas)

Tulangan pada posisi atas pondasi ditulangi dengan tulangan susut atau suhu.

$$\begin{aligned}\text{As susut} &= \rho \cdot b \cdot h \\ &= 0,0018 \times 1800 \times 600 = 1944 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Sehingga dipasang tulangan Ø12-100 dengan As pakai 2035,75 mm<sup>2</sup>

Untuk tulangan arah sebaliknya ditulangi dengan tulangan dan jarak yang sama karena bentuk pondasi dan jumlah tiangnya simetris.

Berikut adalah rekapitulasi perhitungan pondasi :

Tabel 4. 36. Rekapitulasi Perhitungan Pondasi

Jenis Pilecap	Dimensi (m)	n pile	Ø pile (m)	Tulangan pilecap							
				Tulangan Bawah				Tulangan Atas			
				Arah X		Arah Y		Arah X		Arah Y	
P1	1,8 x 1,8	4	0,3	D16	225	D16	225	Ø12	100	Ø12	100
P2	1,5 x 1,5	4	0,25	D16	300	D16	300	Ø12	100	Ø12	100
P3	1,65 x 0,9	2	0,3	D16	250	D16	250	Ø12	125	Ø12	100
P4	0,9 x 0,9	1	0,25	D16	300	D16	300	Ø12	200	Ø12	200



## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam perencanaan struktur gedung FOK UNDIKSHA ini terdapat beberapa perubahan yaitu:
  - Jumlah lantai direncanakan menjadi 4 lantai dari jumlah awal 3 lantai.
  - Rangka atap bangunan dirubah menjadi rangka atap beton dari yang awalnya adalah rangka atap baja.
2. Perencanaan struktur gedung FOK UNDIKSHA dengan kategori resiko IV dan kelas situs SD termasuk kedalam kategori desain seismik C sehingga dirancang dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
3. Dari seluruh pembahasan perhitungan struktur gedung FOK UNDIKSHA yang telah diuraikan dapat diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut :

#### 1. Balok B1 (30/60)

Tabel 5. 1. Rekapitulasi penulangan balok B1

Tipe Balok	Dimensi	Bentang (cm)	Torsi	Lentur				Geser	
				Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
				Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
B1A	300 x 600	720	4Ø12	8D22	3D22	5D22	2D22	Ø13-100	Ø13-125
B1B	300 x 600	360	4Ø12	6D22	2D22	3D22	2D22	Ø13-100	Ø13-150
B1C	300 x 600	510	4Ø12	6D19	2D19	3D19	2D19	Ø13-100	Ø13-150

## 2. Balok B2 (25/45)

Tabel 5. 2. Rekapitulasi penulangan balok B2

Tipe Balok	Dimensi	Bentang (cm)	Torsi	Lentur				Geser	
				Tumpuan		Lapangan			
				Tarik	Tekan	Tarik	Tekan	Tumpuan	Lapangan
B2A	250 x 450	720	2D13	7D19	2D19	3D19	2D19	Ø13-95	Ø13-125
B2B	250 x 450	360	2D13	5D19	2D19	3D19	2D19	Ø13-95	Ø13-125

## 3. Balok BK (25/45)

Tabel 5. 3. Rekapitulasi penulangan balok B3

Tipe Balok	Dimensi	Bentang (cm)	Torsi	Lentur				Geser	
				Tumpuan		Lapangan			
				Tarik	Tekan	Tarik	Tekan	Tumpuan	Lapangan
BK1	250 x 450	150	4Ø10	4D13	2D13	4D13	2D13	Ø10-95	Ø10-95
BK2	250 x 450	100	4Ø10	3D13	2D13	3D13	2D13	Ø10-95	Ø10-95
BK3	250 x 450	193	2D13	4D19	2D19	2D19	2D19	Ø10-95	Ø10-95
BL	251 x 450	360	2D13	4D13	2D13	3D13	2D13	Ø10-95	Ø10-100

## 4. Sloof (30/60)

Tabel 5. 4. Rekapitulasi penulangan Sloof

Tipe Balok	Dimensi	Bentang (cm)	Torsi	Lentur				Geser	
				Tumpuan		Lapangan			
				Tarik	Tekan	Tarik	Tekan	Tumpuan	Lapangan
S1A	300 x 600	720	4D13	5D16	5D16	4D16	4D16	Ø10-100	Ø10-125
S1B	300 x 600	360	4Ø12	4D16	4D16	2D16	2D16	Ø10-100	Ø10-125

## 5. Kolom

Tabel 5. 5. Rekapitulasi penulangan kolom

Tipe Kolom	Dimensi	Tul. Lentur	Tul. Geser
K1	550 X 550	16D22	Ø10-100
K2	400 X 400	12D19	Ø10-100

## 6. Pelat

Tabel 5. 6. Rekapitulasi penulangan pelat satu arah

PLAT DUA ARAH											
TIPE	DIMENSI (m)		BEBAN HIDUP (kg/m <sup>2</sup> )	TUL ARAH X				TUL ARAH Y			
				TUMP.		LAP.		TUMP.		LAP.	
	PANJANG	LEBAR		Ø-(mm)	S (mm)	Ø-(mm)	S (mm)	Ø-(mm)	S (mm)	Ø-(mm)	S (mm)
A	3.6	3.6	479	Ø8-	100	Ø8-	200	Ø8-	100	Ø8-	200
A	3.6	3.6	383	Ø8-	100	Ø8-	200	Ø8-	100	Ø8-	200
A	3.6	3.6	240	Ø8-	100	Ø8-	200	Ø8-	100	Ø8-	200
A	3.6	3.6	192	Ø8-	100	Ø8-	200	Ø8-	100	Ø8-	200
B	3.6	1.975	383	Ø8-	200	Ø8-	200	Ø8-	100	Ø8-	200
A	3.6	3.6	96	Ø8-	100	Ø8-	200	Ø8-	100	Ø8-	200
B	3.6	2.1	96	Ø8-	200	Ø8-	200	Ø8-	100	Ø8-	200

Tabel 5. 7. Rekapitulasi penulangan pelat dua arah

PLAT SATU ARAH											
TIPE	DIMENSI		BEBAN HIDUP	TUL ARAH X						TUL SUSUT	
				TUMP. KIRI		LAP.		TUMP. KANAN			
	PANJANG	LEBAR			Ø-	S	Ø-	S	Ø-	S	Ø-
A'	3.6	1.5	116	8	200	8	200	8	200	8	200
A'	3.6	1	116	8	200	8	200	8	200	8	200

## 7. Pondasi

Tabel 5. 8. Rekapitulasi penulangan pondasi

Jenis Pilecap	Dimensi (m)	n pile	Ø pile (m)	Tulangan pilecap							
				Tulangan Bawah				Tulangan Atas			
				Arah X		Arah Y		Arah X		Arah Y	
P1	1,8 x 1,8	4	0.3	D16	225	D16	225	Ø12	100	Ø12	100
P2	1,5 x 1,5	4	0.25	D16	300	D16	300	Ø12	100	Ø12	100
P3	1,65 x 0,9	2	0.3	D16	250	D16	250	Ø12	125	Ø12	100
P4	0,9 x 0,9	1	0.25	D16	300	D16	300	Ø12	200	Ø12	200

Tabel 5. 9. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan

JENIS	TIPE	DIMENSI (m)			VOLUME/BH (m <sup>3</sup> )	BERAT BESI/BH (kg)	RASIO BERAT BESI/KUBIK (kg/m <sup>3</sup> )	KEBUTUHAN TOTAL BESI TULANGAN (ton)
		b	h	ln				
		1	2	3				
KOLOM	K1	0.55	0.55	17.00	5.14	1121.92	218.17	1.12
	K2	0.40	0.40	17.00	2.72	816.15	300.06	0.82
BALOK	B1-A	0.3	0.6	6.65	1.20	243.88	203.74	61.76
	B1-B	0.3	0.6	3.05	0.55	110.19	200.71	11.78
	B1-C	0.3	0.6	4.65	0.84	159.92	191.06	0.48
	B2-A	0.25	0.45	6.65	0.75	140.67	188.03	39.05
	B2-B	0.25	0.45	3.05	0.34	66.02	192.41	7.36
	B3-A	0.3	0.5	6.65	1.00	183.55	184.01	16.28
	B3-B	0.3	0.5	3.05	0.46	88.09	192.55	3.31
TOTAL KEBUTUHAN TULANGAN								142 ton

## 5.2. Saran

1. diusahakan Dalam pengumpulan data perencanaan didapatkan dengan lengkap mulai gambar arsitek dan stuktur asli dari pihak pemilik data dan juga data tanah sebagai data primer perencanaan perhitungan.
2. Untuk proses perhitungan perencanaan digunakan referensi yang sesuai dengan keilmuan yang diperelajari dari semester 1 sampai 6.
3. Proses analisa gaya dalam harus divalidasi sesuai dengan permodelan mekanika.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)*. Jakarta
2. Badan Strandarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)*. Jakarta.
3. Badan Strandarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012)*. Jakarta.
4. Wang, Chu-Kia, C. Salmon. *Disain Beton Bertulang Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga



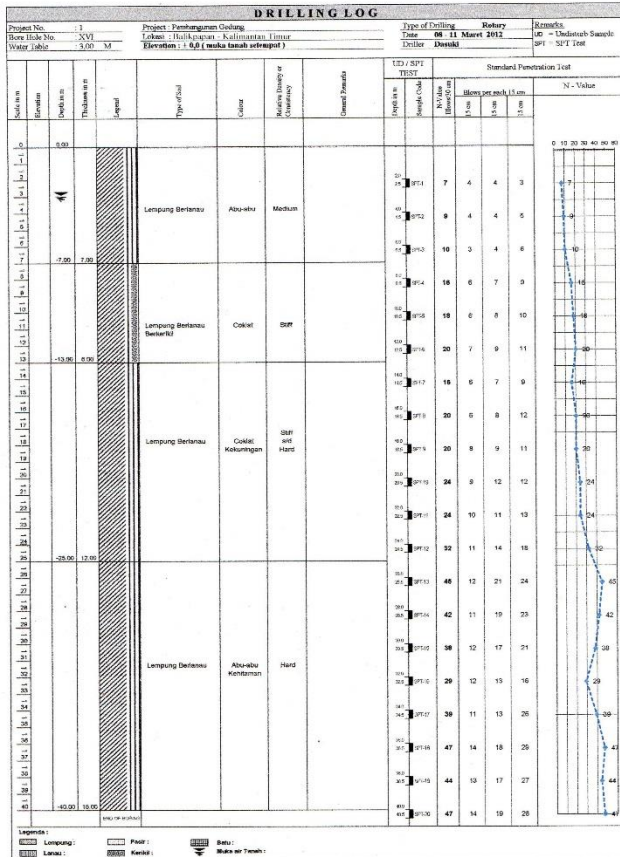
*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

# LAMPIRAN

## 1. Data Tanah



**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**FAKULTAS VOKASI**  
**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**  
**LABORATORIUM TRANSPORTASI DAN GEOTEKNIK**  
 Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp : 031 5981006, 5947637 , Fax : 031 5981006  
 Email : labtransgeo.its@gmail.com



## 2. Data Tanah

VOLUMETRI, ( $\gamma$ )

BOR		BH-1		
Depth	m	6	12	18
No. Cawan		AN	AB	17
Berat Cawan	gr	48	45	48
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	92	74	79
Berat Tanah Basah	gr	44	29	31
Berat cawan + Hg yg dipindahkan	gr	435.4	353.5	365.2
Berat Hg yg dipindahkan	gr	329.25	247.35	259.05
Volume tana basah	cm <sup>3</sup>	24.21	18.19	19.05
Berat Volume basah	gr/cm <sup>3</sup>	1.82	1.59	1.63

## KADAR AIR, (wc)

No. cawan		AN	AB	17
Berat cawan	gr	48	45	48
Berat cawan + tanah basah	gr	92	74	79
Berat cawan + tanah kering	gr	78.14	65.73	68.45
Berat air	gr	13.86	8.27	10.55
Berat tanah kering	gr	30.14	20.73	20.45
kadar air	%	45.9854	39.89387	51.58924

## GRAVIMETRI, (Gs)

No piknometer		BG	VX	B
Berat piknometer	gr	152.44	96.21	111.25
Berat pik + tanah kering	gr	184.21	109.73	132.33
Berat pik + tanah + air	gr	420.29	352.18	348.45
Berat pik + air	gr	400.63	344.29	344.41
Berat jenis air pd suhu °C, T1		1.00301	1.00278	1.00278
Berat jenis air pd suhu °C, T2		1.004	1.004	1.004
Gs			2.527	1.253

## 3. Brosur Keramik

Image 31 of 32



SIZE / cm	PIECES/BOX	SQM/BOX	WEIGHT/ BOX (KG)	BOX / PALLET	PALLET / CONTAINER	BOX/ CONTAINER
CRAZY CUT						
37X40	9	$\pm 1m^2$	19.50	48	20	960
33X33	9	$1m^2$	19.00	54	20	1350
33X33 Irregular	10	$\pm 1m^2$	20.00	42	20	1050
25X50	8	$1m^2$	21.00	60	20	1200
20X40	12	$\pm 1m^2$	18.00	84	17	1428
15X45	15	$\pm 1m^2$	20.00	72	17	1224
THE MASTERPIECE, CENTRINO, THE MAESTRO, ROCK SERIES						
40X40	6	$\pm 1m^2$	16.80	80	18	1440
20X40	12	$\pm 1m^2$	17.00	84	17	1428
LOCK & LOCK						
25X30	13	$\pm 1m^2$	16.6	54	20	1080
20X40	12	$\pm 1m^2$	18	84	17	1428
15X45	15	$\pm 1m^2$	18	74	17	1224
25X50	8	$\pm 1m^2$	22	60	20	1200
NEW CENIT						
25X25	16	$\pm 1m^2$	15	75	20	1500
HYBRID						
30X60	6	$\pm 1m^2$	24	60	20	1200

#### 4. Brosur Plafond Jayaboard

# jayaboard®

# USG BORAL

INNOVATION INSPIRED BY YOU.™

## CS-20

## Sistem Plafon EasyFrame

**Primary Frame**  
Top Cross Rail PN 250

**Secondary Frame**  
Ceiling Batten PN 251

**1 Lapis Papan Gypsum**  
Jayaboard Sheetrock 9mm  
(Staggered)

**Suspension System**  
Suspend. Bracket PN 220 / 221  
Suspend. Rod PN 227 M4  
Suspend. Clip PN 222

Detail A

**Primary Section (200mm)**  
PN 250 30mm  
PN 251 30mm (BMT)

**Secondary Section (300mm)**  
PN 251 15mm  
PN 250 30mm (BMT)

**Primary & Secondary Connectors**  
PN 230 Ceiling Batten to Top Cross Rail

**Perimeter Sections (3000mm)**  
PN 252 15mm  
PN 251 15mm  
BMT Wall Angle 0.35mm (TCT)

**Suspension Bracket**  
PN 220 Suspend. Rod for Concrete  
PN 221 Suspend. Rod for Timber

**Suspension Clip**  
PN 222 Top Cross Rail for Threaded Rod

**Suspension Rods & Nuts**  
PN 227M4 3.5mm  
Rod threaded here and (1000mm)  
PN 227M4 3.5mm  
Rod threaded here and (2000mm)

### KOMPONEN SISTEM

### DETAIL & DATA FISIK

1 Lapis papan gypsum Jayaboard Sheetrock 9mm diaplikasikan Staggered

Upper Structure

Concrete Slab

(a) (b) (c) (d)

Plasterboard (d)	Material	Max. frame space (mm)
Jayaboard Sheetrock 9mm	Suspension Clip PN 222	a 1000
	Top Cross Rail PN 250	b 1000
	Ceiling Batten PN 251	c 600

Catatan:

- Pemakaian papan gypsum saling silang
- Deflection Span L/240
- Dapat diaplikasikan dengan luas area hingga 100 m<sup>2</sup> atau bentang bebas hingga 10m
- Untuk detail produk, lihat produk brosur Jayaboard

**BERAT SISTEM**  
**± 6.5 Kg/m<sup>2</sup>**


## 5. Brosur Waterproofing

TABLE C3-1  
MINIMUM DESIGN DEAD LOADS\*

Component	Load (kN/m <sup>2</sup> )	Component	Load (kN/m <sup>2</sup> )
CEILING			
Acoustical fiberboard	0.05	Decking, 51 mm wood (Douglas fir)	0.24
Gypsum board (per mm thickness)	0.008	Decking, 76 mm wood (Douglas fir)	0.38
Mechanical duct allowance	0.19	Fiberboard, 13 mm	0.04
Plaster on tile or concrete	0.24	Gypsum sheathing, 13 mm	0.10
Plaster on wood lath	0.38	Insulation, roof boards (per mm thickness)	
Suspended steel channel system	0.10	Cellular glass	0.0013
Suspended metal lath and cement plaster	0.72	Fibrous glass	0.0021
Suspended metal lath and gypsum plaster	0.48	Fiberboard	0.0028
Wood furring suspension system	0.12	Perlite	0.0015
COVERINGS, ROOF, AND WALL		Polystyrene foam	0.0004
Asbestos-cement shingles	0.19	Urethane foam with skin	0.0009
Asphalt shingles	0.10	Plywood (per mm thickness)	0.006
Cement tile	0.77	Rigid insulation, 13 mm	0.04
Clay tile (for mortar add 0.48 kN/m <sup>2</sup> )		Skylight, metal frame, 10 mm wire glass	0.38
Book tile, 51 mm	0.57	Slate, 5 mm	0.34
Book tile, 76 mm	0.96	Slate, 6 mm	0.48
Ludowici	0.48	Waterproofing membranes:	
Roman	0.57	Bituminous, gravel-covered	0.26
Spanish	0.91	Bituminous, smooth surface	0.07
Composition:		Liquid applied	0.05
Three-ply ready roofing	0.05	Single-ply, sheet	0.03
Four-ply felt and gravel	0.26	Wood sheathing (per mm thickness)	0.0057
Five-ply felt and gravel	0.29	Wood shingles	0.14
Copper or tin	0.05	FLOOR FILL	
Corrugated asbestos-cement roofing	0.19	Cinder concrete, per mm	0.017
Deck, metal, 20 gage	0.12	Lightweight concrete, per mm	0.015
Deck, metal, 18 gage	0.14	Sand, per mm	0.015
		Stone concrete, per mm	0.023

(continued)

6. Brosur Bata Ringan



**CITICON**  
BATA RINGAN

**Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon**

Panjang, L (mm) : 600  
Tinggi, H (mm) : 200 ; 400  
Tebal, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, ( $\rho$ ) : 530 kg/m<sup>3</sup>  
Berat jenis normal, ( $\rho$ ) : 600 kg/m<sup>3</sup>  
Kuat tekan, ( $\sigma$ ) :  $\geq 4.0$  N/m<sup>2</sup>  
Konduktifitas termis, ( $\lambda$ ) : 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m <sup>3</sup>	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

**Citicon Light Concrete Technical Specifications**

Length, L (mm) : 600  
Height, H (mm) : 200 ; 400  
Thick, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Dry Density, ( $\rho$ ) : 530 kg/m<sup>3</sup>  
Field Density, ( $\rho$ ) : 600 kg/m<sup>3</sup>  
Compressive Strength, ( $\sigma$ ) :  $\geq 4.0$  N/m<sup>2</sup>  
Thermal Conductivity, ( $\lambda$ ) : 0.14 w/mk

Thick	mm	75	100	125	150	175	200
Wall Area / m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Contents / m <sup>3</sup>	Block	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

## 7. Brosur Acian



# DINDING



### ◆ Plester D200

- Dipergunakan untuk pekerjaan plester dan pasangan bata, ketebalan aplikasi 8-10 mm
- Memiliki daya rekat dan workability yang baik.
- Daya sebar/zak  $\pm 2-2.5 \text{ m}^2/10\text{mm}$



40kg

### Acian dinding dan plester



### ◆ Acian S100

- Warna abu-abu muda
- Cocok untuk expose interior
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak  $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$



30kg



### ◆ Acian NP S450

- Warna cream
- Cat lebih hemat
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak  $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$
- 5-7 hari bisa langsung di cat



30kg



### Acian dinding plester dan beton



### ◆ SKIMCOAT S200

- Daya rekat tinggi untuk beton dengan permukaan licin
- Mengurangi retak
- Daya sebar/zak  $9-12 \text{ m}^2/30 \text{ kg}$

30kg



### ◆ SKIMKOT PUTIH S500

- Acian putih untuk ekspos dak beton (bagian dalam)
- Mengurangi retak
- Tanpa plamir dan cat dasar
- Menghemat cat
- Daya sebar/zak  $9-11 \text{ m}^2/20 \text{ kg}$

20kg



### ◆ Thinbed 101 TB101

- Perikat bata ringan dengan ketebalan spesi antara 2 - 3 mm
- Memiliki daya rekat yang baik
- Daya sebar/zak  $\pm 10-11 \text{ m}^2/3\text{mm}$  (40 kg) (ukuran blok  $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$ )
- Cepat dalam pengerjaannya



40kg

### ◆ Plester Ringan 1.6 S150

Plester aci bata ringan dalam 1 aplikasi

- Plester aci bata ringan (one coat system) dengan ketebalan spesi antara 5 - 8 mm
- Plester lebih ringan
- Daya sebar/zak  $\pm 4.5-6.5 \text{ m}^2/5-8\text{mm}$  (50 kg) (ukuran blok  $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$ )
- Lebih cepat dan hemat dalam pekerjaan



50kg

**Khusus Bata Ringan**

### Produk lainnya

### ◆ Concrete Fill R200

Memperbaiki retak & celah beton

- Bahan perekat bonding dinding plester antara permukaan beton.
- Sebagai bahan pengisi kerapok pada beton, celah pada panel, dll.
- Tebal aplikasi 3-15 mm



25kg  
40kg

### ◆ Beton

Beton instan siap pakai

- Tersedia K 175, K 225, K300



50kg

### ◆ Bonding Agent L007

Bonding untuk beton dan mortar



1L

[www.drymix.co.id](http://www.drymix.co.id)



## 8. Brosur Spesi

**MU-450****40 kg****Perekat Keramik Lantai****Kegunaan**

Adukan semen instan sebagai perekat untuk pekerjaan pemasangan keramik, marmer, granit atau batu alam lainnya pada lantai

**Standar Acuan Produk**

- BSEN 1348: 1999
- BSEN 1348: 1999

**Dasar Permukaan**

- Permukaan lantai dengan adukan perata lantai (MU-440, MU-300 atau MU-301)
- Permukaan lantai rabat
- Permukaan lantai beton

**Keunggulan**

- Lengket & plastis saat diaplikasi
- Adukan tidak cepat mengering saat diaplikasi
- Open time  $\pm$  10-20 menit, tergantung keadaan cuaca
- Tahan terhadap susut - muai
- Pasangan keramik melekat dengan kuat & dapat mencegah terangelatnya pasangan keramik
- Kuat menahan beban tekan pada permukaan keramik

**Cara Pemakaian**

- Alat Kerja : Roskam bergigi
- Persiapan :
  - Siapkan tempat kerja & permukaan dimana akan dipasang keramik. Sebaiknya keramik dipasang pada dasar permukaan lantai rabat atau screed yang sudah cukup kering, rata & stabil.
  - Gunakan terlebih dulu campuran MU-LS00 (larutan kedap air) pada permukaan yang rata & bersih bila membutuhkan lantai yang lebih kedap air.
  - Pasang petunjuk-petunjuk yang cukup untuk kelengkapan, kelurusan & kemudahan pemasangan keramik.
  - Bersihkan dasar permukaan tersebut dari serpihan, kotoran & minyak, kemudian basahi secukupnya dengan air.
  - Keramik yang hendak dipasang sebaiknya juga di basahi terlebih dulu dengan air.
- Pengadukan :
  - Masukkan adukan kering MU-450 kedalam bak adukan
  - Tuang air sebanyak 10,0 - 10,5 liter untuk tiap kantong MU-450 (40 kg)
  - Aduk campuran di atas hingga rata.
- Aplikasi :
  - Pemasangan keramik lantai dilakukan secara manual dengan roskam bergigi sebagaimana umumnya.
  - Tebal spesi yang di anjurkan adalah 3 - 5 mm.

**Data Teknik**

- Warna : Abu-abu
- Perekat : Semen Portland
- Agregat : Pasir silika dengan butir maksimum 0,6 mm
- Bahan tambah (additive) : Bahan larut air guna meningkatkan kelekakan (konsistensi), daya rekat & kekuatan
- Bahan pengisi (filler) : Guna meningkatkan kepadatan serta mengurangi porositas bahan adukan.
- Kepadatan (density) :
  - Kering = 1,60 kg/liter
  - Basah = 1,85 kg/liter
- Tebal aplikasi : 3-5 mm, tergantung keadaan dasar permukaan, jenis bahan pasangan & ukurannya.
- Kebutuhan air : 10,0 - 10,5 liter / sak 40 kg
- Open time :  $\pm$  20 menit, tergantung keadaan cuaca
- Tensile adhesion bond Strength BSEN 1348 :  $> 0.8 \text{ N/mm}^2$

**Daya sebar (coverage)**

$\pm 8 \text{ m}^2 / \text{sak } 40 \text{ kg} / 3 \text{ mm}$

**Kemasan**

Kantong kertas (sak) berisi 40 kg

**Masa Kadaluarsa**

12 bulan bila disimpan dalam kantong tertutup dalam ruangan yang selalu kering.

**Penyimpanan**

Simpan di dalam ruangan & jaga agar selalu dalam keadaan kering. Hindari tumpukan yang berlebihan.

PT. CIPTA MORTAR UTAMA

MM2100 Industrial Town, Jl. Sumbawa Blok F1-1 Cikarang Barat, Bekasi 17520 - Indonesia  
Telp. 162211 8981120. Fax. 162211 8981139. Email: info@mortarutama.com

## 9. Brosur Mekanikal

TABLE C3-1  
MINIMUM DESIGN DEAD LOADS\*

Component	Load (kN/m <sup>2</sup> )	Component	Load (kN/m <sup>2</sup> )
CEILINGS		Decking, 51 mm wood (Douglas fir)	0.24
Acoustical fiberboard	0.05	Decking, 76 mm wood (Douglas fir)	0.38
Gypsum board (per mm thickness)	0.008	Fiberboard, 13 mm	0.04
Mechanical duct allowance	0.19	Gypsum sheathing, 13 mm	0.10
Plaster on tile or concrete	0.24	Insulation, roof boards (per mm thickness)	
Plaster on wood lath	0.38	Cellular glass	0.0013
Suspended steel channel system	0.10	Fibrous glass	0.0021
Suspended metal lath and cement plaster	0.72	Fiberboard	0.0028
Suspended metal lath and gypsum plaster	0.48	Perlite	0.0015
Wood furring suspension system	0.12	Polystyrene foam	0.0004
COVERINGS, ROOF, AND WALL		Urethane foam with skin	0.0009
Asbestos-cement shingles	0.19	Plywood (per mm thickness)	0.006
Asphalt shingles	0.10	Rigid insulation, 13 mm	0.04
Cement tile	0.77	Skylight, metal frame, 10 mm wire glass	0.38
Clay tile (for mortar add 0.48 kN/m <sup>2</sup> )		Slate, 5 mm	0.34
Book tile, 51 mm	0.57	Slate, 6 mm	0.48
Book tile, 76 mm	0.96	Waterproofing membranes:	
Ludowici	0.48	Bituminous, gravel-covered	0.26
Roman	0.57	Bituminous, smooth surface	0.07
Spanish	0.91	Liquid applied	0.05
Composition:		Single-ply, sheet	0.03
Three-ply ready roofing	0.05	Wood sheathing (per mm thickness)	0.0057
Four-ply felt and gravel	0.26	Wood shingles	0.14
Five-ply felt and gravel	0.29	FLOOR FILL	
Copper or tin	0.05	Cinder concrete, per mm	0.017
Corrugated asbestos-cement roofing	0.19	Lightweight concrete, per mm	0.015
Deck, metal, 20 gage	0.12	Sand, per mm	0.015
Deck, metal, 18 gage	0.14	Stone concrete, per mm	0.023

(continued)

10. Brosur Tiang Pancang

PROPERTIES OF ECP SPUN PILE- STANDARD PRODUCTS												
Nominal Diameter	Class	Nominal Thickness	Length	Nominal Weight	PC Bar		Area of concrete	Section Modulus	Bending Moment		Recommended Max Axial Working Load (For a short strut)	Effective Prestress
					7.1mm	9.0mm			Cracking	Ultimate		
mm		mm		kg/m	no.	no.	mm <sup>2</sup>	x 1000mm <sup>3</sup>	kNm	kNm	t	N/mm <sup>2</sup>
250	B	55	6-12	88	6	-	33,884	1,435	14.9	29	62	6.3
	A	60	6-12	118	6	-	45,239	2,373	20.4	34.8	85	4.6
300	B	60	6-12	118	7	-	45,239	2,383	23	40.6	84	5.6
	A	80	6-12	142	6	-	54,864	3,506	28.1	40.6	104	4
350	B	70	6-12	160	9	-	61,575	3,778	35.4	60.8	115	5.3
	A	85	6-12	178	8	-	88,408	5,106	41	61.8	130	4
400	B	80	6-12	209	-	8	80,425	5,643	53.4	92.7	150	5.4
	C	80	6-12	209	-	12	80,425	5,747	69	148.3	145	7.6
450	A	70	6-12	217	10	-	63,566	7,113	57.8	86.9	158	4.1
	B	80	6-12	242	-	8	92,991	7,624	60.3	111.2	174	5.1
500	C	80	6-12	242	-	12	92,991	7,734	86.5	166.9	169	7.2
	A	80	6-12	274	12	-	105,558	9,888	79.1	115.9	200	4
500	B	90	6-12	301	-	10	115,905	10,518	95.7	154.5	217	5.1
	C	90	6-12	301	-	16	115,905	10,670	110.6	231.7	210	7.2
600	A	90	6-12	375	-	12	144,199	16,586	148.3	222.5	270	4.9
	B	100	6-12	408	-	14	157,080	17,546	162.3	288.6	293	5.2
600	C	100	6-12	408	-	20	157,080	17,761	190	366	286	7

Network: PHC - High Performance Spun High Concrete Piles

(Subject to change without prior notice)

## 1. Kontrol Deformasi Horizontal dan Dilatasi

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.12.3 terdapat ketentuan untuk menentukan jarak pemisah bangunan. Berikut adalah pengecekan pemisah struktur untuk gedung perkuliahan FOK UNDIKSHA :

Bangunan 1

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Tiap Lantai (m)	$\delta$ (mm)
Atap	16	4	22
4	12	4	19
3	8	4	14
2	4	4	7

Bangunan 2

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Tiap Lantai (m)	$\delta$ (mm)
Atap	16	4	18
4	12	4	15
3	8	4	11
2	4	4	6

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025 h_{sx}$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

Berikut adalah syarat simpangan antar lantai sesuai SNI 1726-2012 pada tabel 16. FOK UNDIKSHA masuk kedalam kategori semua struktur lainnya dengan simpangan ijin =  $0,010h_{sx}$

Kontrol simpangan :

$$0,010h_{sx} = 0,010 \cdot 4000 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$$

Simpangan maks pada FOK UNDIKSHA = 22 mm

Simpangan terjadi < simpangan ijin

$$22 \text{ mm} < 40 \text{ mm (OK)}$$

Maka, simpangan antar lantai pada FOK UNDIKSHA masih diijinkan.

Karena bangunan merupakan struktur beton dengan sistem rangka pemikul momen menengah, maka nilai  $\delta = 4,5$  sesuai dengan SNI 1726-2012 tabel 9.

$$\delta_M = \frac{C_d \cdot \delta_{max}}{I_e}$$

dengan :

$\delta_{max}$  = perpindahan elastik maksimum pada lokasi kritis.

$$\delta_{MT} = \sqrt{(\delta M1)^2 + (\delta M2)^2}$$

$\delta_{M1}$  dan  $\delta_{M2}$  = perpindahan respon inelastik maksimum pada struktur-struktur bangunan yang bersebelahan di tepi-tepi yang berdekatan.

Berdasarkan, data yang diperoleh maka didapatkan :

$$\delta M1 = \frac{4,5 \cdot 22 \text{ mm}}{4} = 24,75 \text{ mm}$$

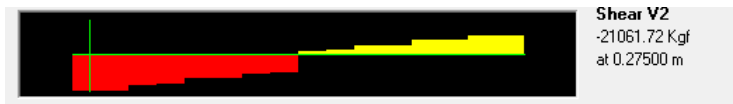
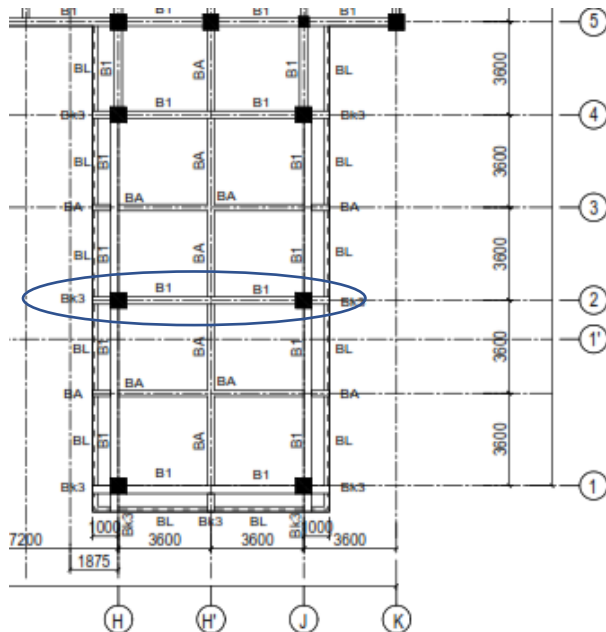
$$\delta M2 = \frac{4,5 \cdot 18 \text{ mm}}{4} = 20,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \delta_{MT} &= \sqrt{(24,75 \text{ mm})^2 + (20,25 \text{ mm})^2} \\ &= 31,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pada perencanaan, dilakukan pemisahan struktur sejauh 50 mm, sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 7.12.3

## 2. Pengecekan Geser Pada Balok Induk yang Dibebani Balok Anak.

Denah balok yang ditinjau :

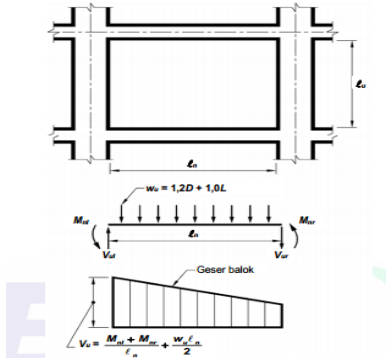


Kombinasi = 1,2D-1Ex+0,3Ey+1L

Nilai gaya geser = 21061,72 kg

Pada sejarak 3,6m terdapat balok anak. Pada sejarak ini, maka geser yang dipakai adalah geser lapangan.

Dalam merencanakan geser dalam SRPMM harus sesuai dengan SNI 2847-2012 pasal 21.3



Dimana nilai  $V_u$  di tumpuan =

$$Vu1 = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + Vu$$

Berdasarkan perhitungan, nilai  $V_u$  di tumpuan didapatkan 31024,750 kg.

Sedangkan untuk  $V_u$  di lapangan harus dicari menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{Vu2}{0,5 l_n - 2h} = \frac{Vu1}{0,5 l_n}$$

Berdasarkan perhitungan nilai  $V_u$  di lapangan sebesar 19827,848 kg.

Kemampuan penampang :

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= 0,17 \times 5 \text{ N/mm}^2 \times 300\text{mm} \times 536\text{mm}$$

$$= 134000 \text{ N}$$

Digunakan sengkang D13-150 mm

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$= \frac{265,465 \text{ mm}^2 \cdot 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 536 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}$$

$$= 379437,37 \text{ N}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 134000 \text{ N} + 379437,37 \text{ N}$$

$$= 513437,37 \text{ N}$$

$$V_u = 0,75 \times 513437,37 \text{ N}$$

$$= 385078,03 \text{ N}$$

$$= 38507,80 \text{ kg}$$

Kemampuan penampang > gaya yang terjadi

$$38507,80 \text{ kg} > 19827,848 \text{ kg (OK)}$$

Maka dapat disimpulkan bahwa perencanaan geser balok induk yang dibebani balok anak mampu memikul gaya yang terjadi.



## BIODATA PENULIS I



**Diah Putri Rahmawati**, dilahirkan di Sidoarjo, 06 Maret 1997, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Bringinbendo II, SMP Negeri 1 Taman, SMA Negeri 1 Taman. Setelah lulus, penulis melanjutkan ke jenjang yang lebih tinggi dengan menjadi mahasiswa Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh

Nopember pada tahun 2015 hingga 2018. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti kegiatan kemahasiswaan. Penulis pernah menduduki posisi sebagai staff *Research and Technology Department* HMDS ITS tahun 2016-2017.

## BIODATA PENULIS II



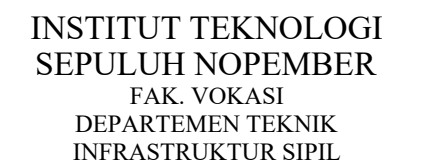
**Farchan Zulkifli**, dilahirkan di Bojonegoro, 11 April 1995, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Dahlanuddin Surabaya, SMP Miftahul Ulum Surabaya, SMK Negeri 5 Surabaya. Setelah lulus, penulis melanjutkan ke jenjang yang lebih tinggi dengan menjadi mahasiswa Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2015 hingga 2018. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti kegiatan kemahasiswaan. Penulis pernah menduduki posisi sebagai staff Big Event Department HMDS ITS tahun 2016-2017. Selain itu, penulis juga aktif sebagai pekerja paruh waktu di beberapa konsultan dan kontraktor swasta di Surabaya. Penulis pernah menduduki posisi sebagai staff teknik PT Cakrawala Sakti Kirana tahun 2016.

## DAFTAR GAMBAR GEDUNG FOK UNDIKSHA

NAMA GAMBAR	KODE	NOMOR
DENAH LT.1	ARS	01
DENAH LT.2	ARS	02
DENAH LT.3	ARS	03
DENAH LT.4	ARS	04
TAMPAK DEPAN	ARS	05
TAMPAK SAMPING KIRI	ARS	06
TAMPAK SAMPING KANAN	ARS	07
TAMPAK BELAKANG	ARS	08
POTONGAN A-A	ARS	09
POTONGAN B-B	ARS	10
POTONGAN C-C	ARS	11
DENAH PONDASI DAN SLOOF	STR	01
DENAH PILE CAP	STR	02
POTONGAN PILE CAP 1	STR	03A
POTONGAN PILE CAP 1	STR	03A'
POTONGAN PILE CAP 2	STR	03B
POTONGAN PILE CAP 2	STR	03B'
POTONGAN PILE CAP 3	STR	03C
POTONGAN PILE CAP 3	STR	03C'
POTONGAN PILE CAP 4	STR	03D
POTONGAN PILE CAP 4	STR	03D'
PENULANGAN SLOOF	STR	04
DENAH KOLOM LT. 1 (elv. ±0,00)	STR	05
DENAH KOLOM BALOK LT. 2	STR	06
DENAH KOLOM BALOK LT. 3	STR	07

NAMA GAMBAR	KODE	NOMOR
DENAH KOLOM BALOK LT. 4	STR	08
DENAH KOLOM BALOK ATAP	STR	09
PENULANGAN BALOK KOLOM	STR	10
DENAH PLAT LT. 2	STR	11
DENAH PLAT LT. 3	STR	12
DENAH PLAT LT. 4	STR	13
DENAH PLAT ATAP	STR	14
DENAH TANGGA 1	STR	15
POTONGAN TANGGA 1	STR	16
POTONGAN TANGGA 2	STR	16'
DENAH TANGGA 2	STR	17
POTONGAN TANGGA 2	STR	18
POTONGAN TANGGA 2	STR	18'
POTONGAN PORTAL AS-2	STR	19
POTONGAN PORTAL AS-3 &5	STR	20
POTONGAN PORTAL AS-H	STR	21
DETAIL A,B, & C	STR	22
DETAIL D (SAMBUNGAN KOLOM)	STR	23
DETAIL BALOK B1-A	STR	24
DETAIL BALOK B1-B	STR	25
DETAIL BALOK B1-C	STR	26
DETAIL BALOK B2-A	STR	27
DETAIL BALOK B2-B	STR	28
DETAIL BALOK B3-A	STR	29
DETAIL BALOK B3-B	STR	30

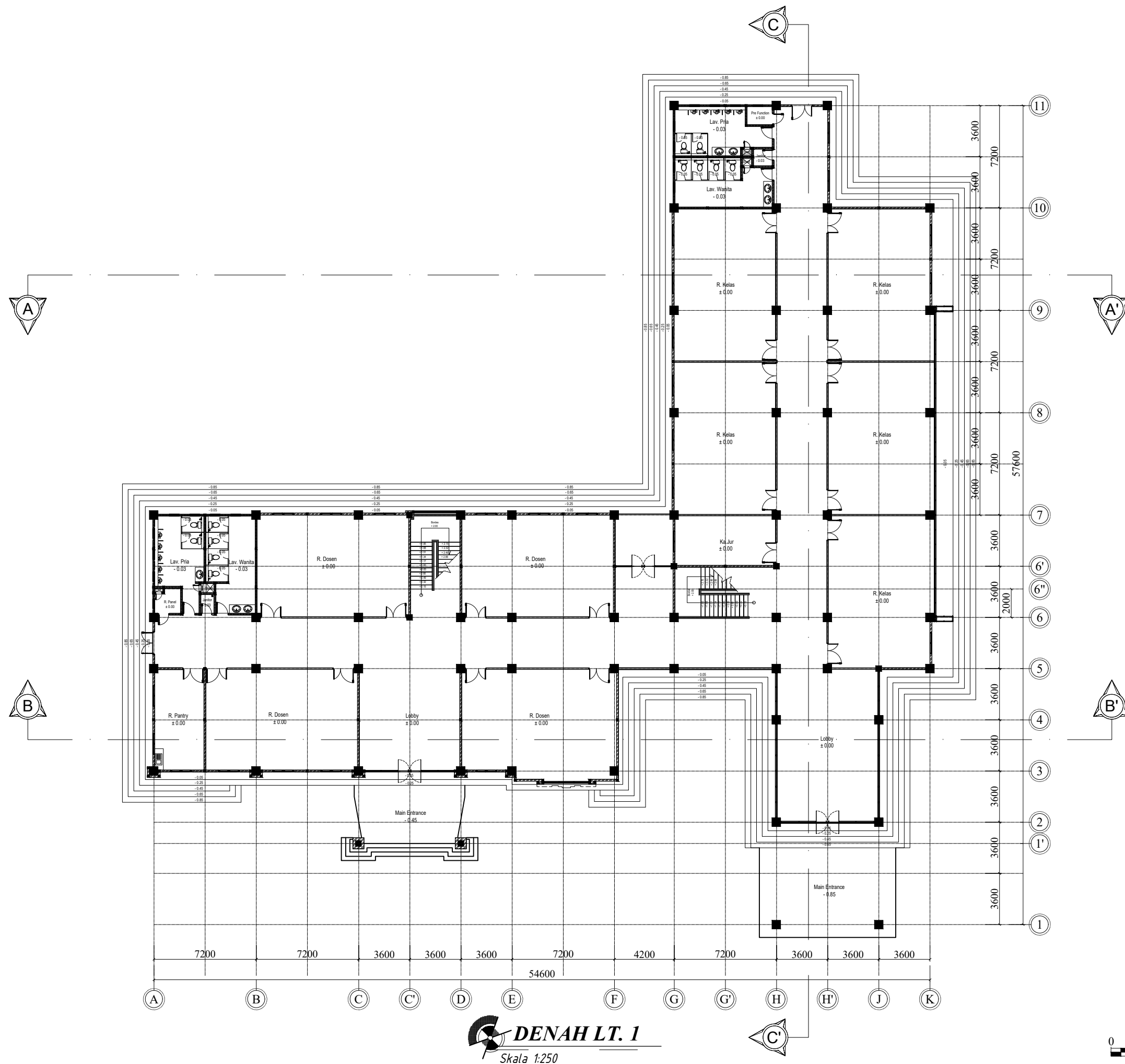


PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAHA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

<i>JUDUL GAMBAR</i>		<i>SKALA</i>
DENAH LT.1		1 : 250
<i>REVISI</i>	<i>TANGGAL</i>	
<i>KODE GAMBAR</i>	<i>NO. GAMBAR</i>	
ARS	01	





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAAHRAHA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH LT. 2

1 : 250

REVISI

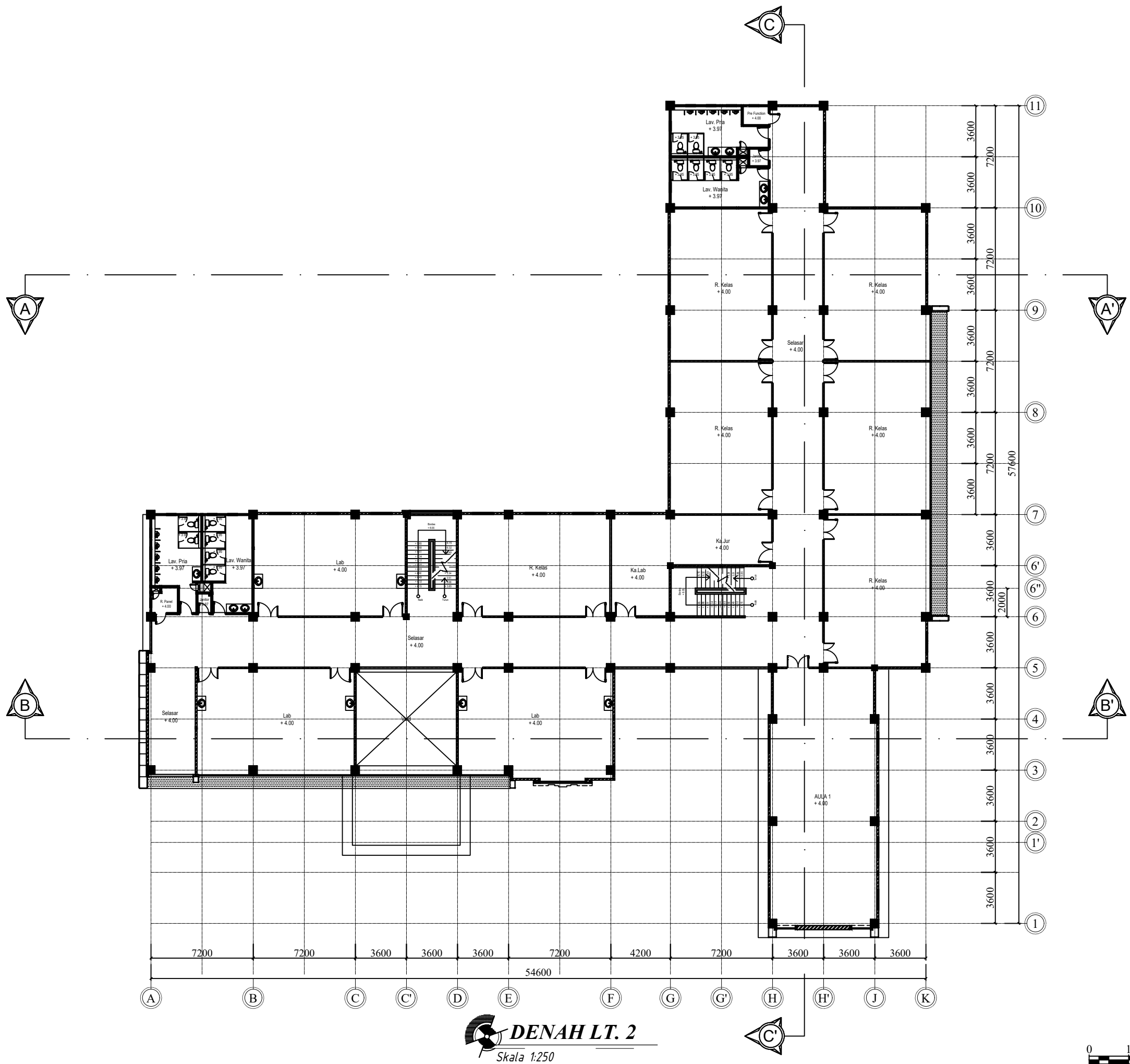
TANGGAL

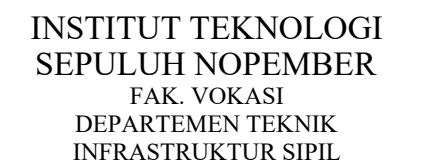
KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

ARS

02





PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAHA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

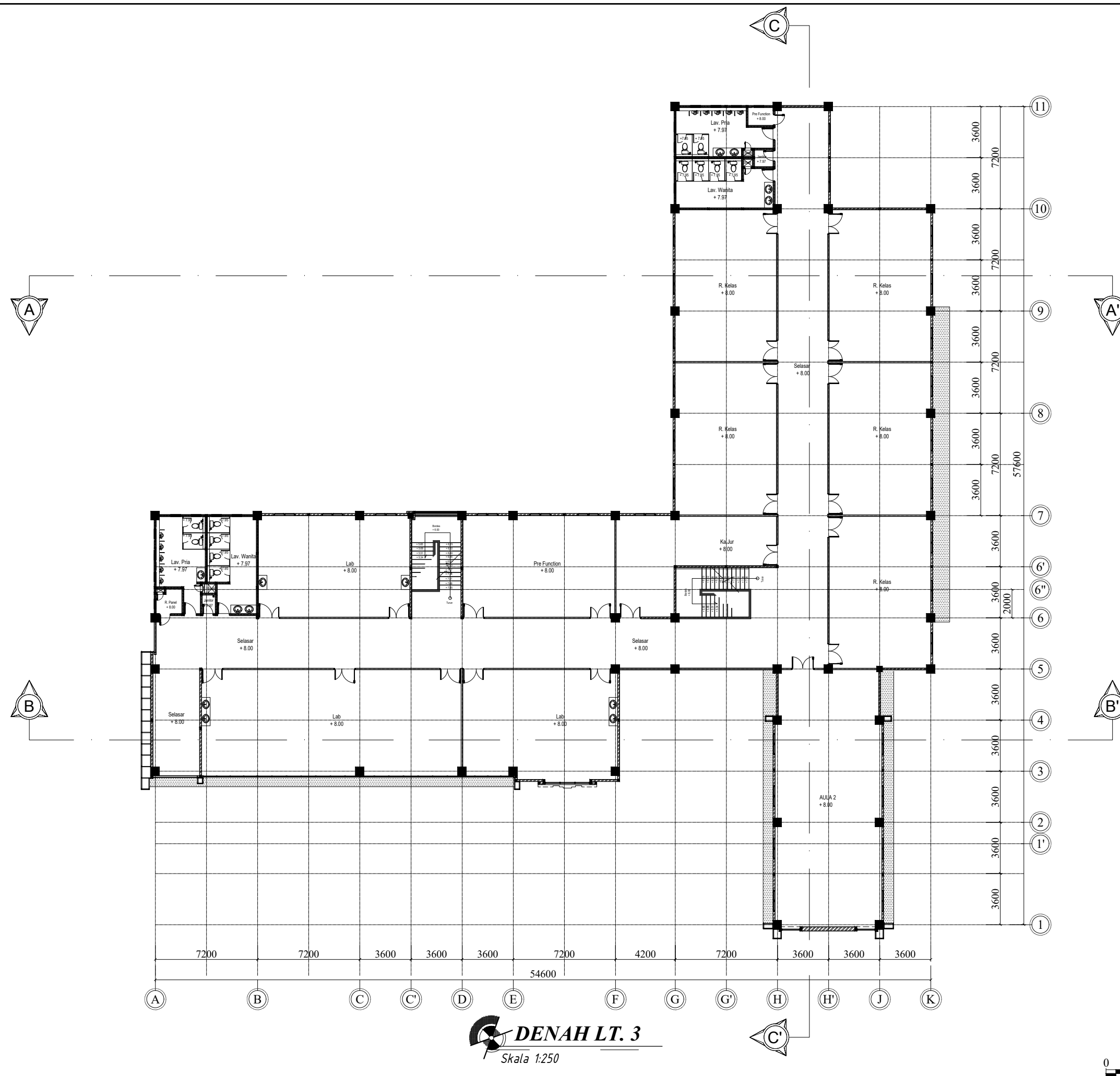
<i>JUDUL GAMBAR</i>	<i>SKALA</i>
DENAH LT. 3	1 : 250

<i>REVISI</i>	<i>TANGGAL</i>
---------------	----------------

--	--

<i>KODE GAMBAR</i>	<i>NO. GAMBAR</i>
--------------------	-------------------

ARS	03
-----	----





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLARAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH LT. 4

1 : 250

REVISI

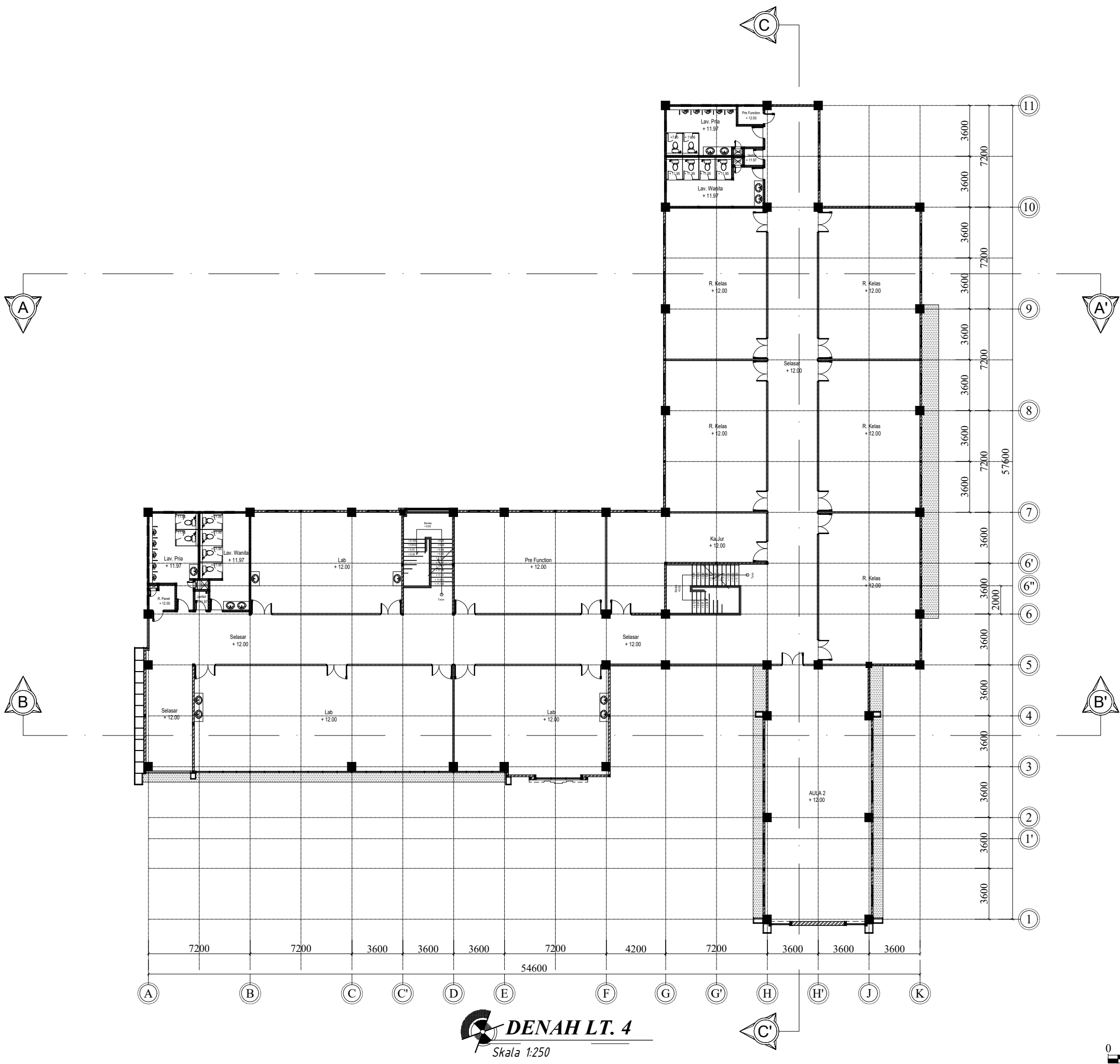
TANGGAL

KODE GAMBAR

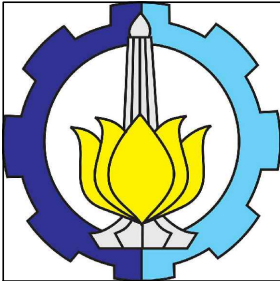
NO. GAMBAR

ARS

04







INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

TAMPAK DEPAN

1 : 250

REVISI

TANGGAL

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

ARS

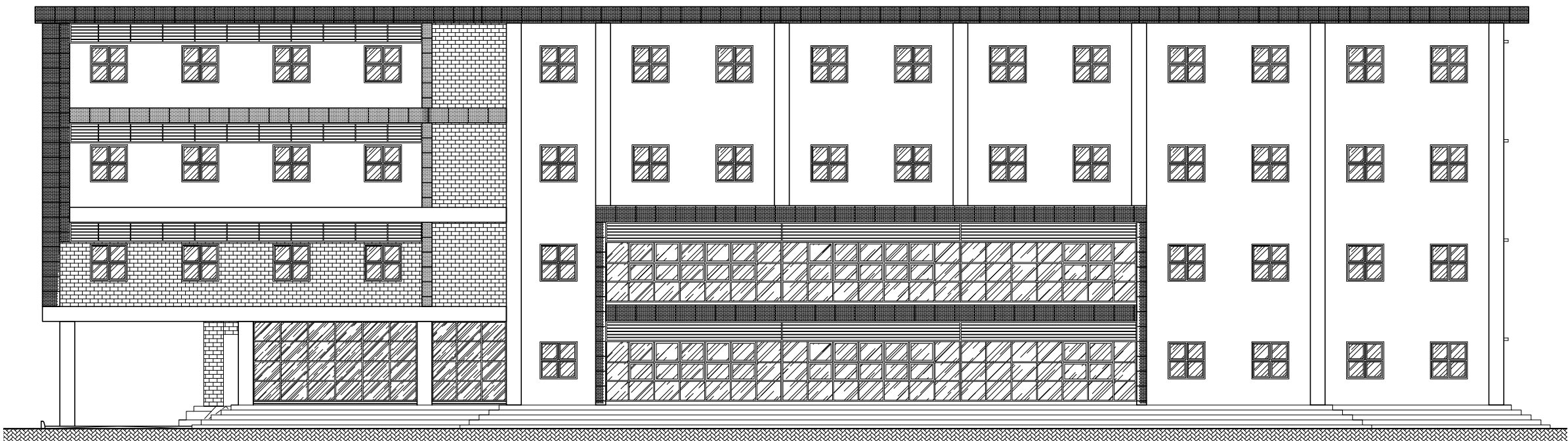
05



 **TAMPAK DEPAN**  
Skala 1:250

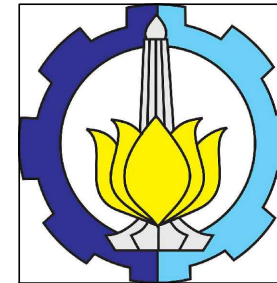






**TAMPAK SAMPING KIRI**

Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAH RAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

TAMPAK SAMPING  
KIRI

1 : 250

REVISI

TANGGAL

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

ARS

06



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

TAMPAK SAMPING  
KANAN

1 : 250

REVISI

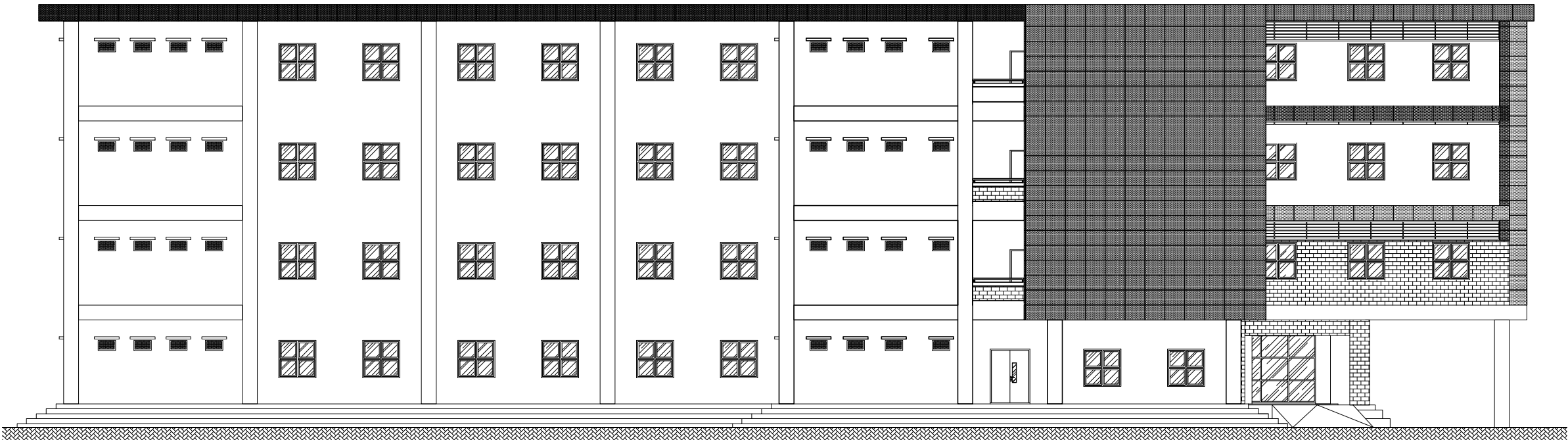
TANGGAL

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

ARS

07



TAMPAK SAMPING KANAN

Skala 1:250





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAH RAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

TAMPAK BELAKANG

1 : 250

REVISI

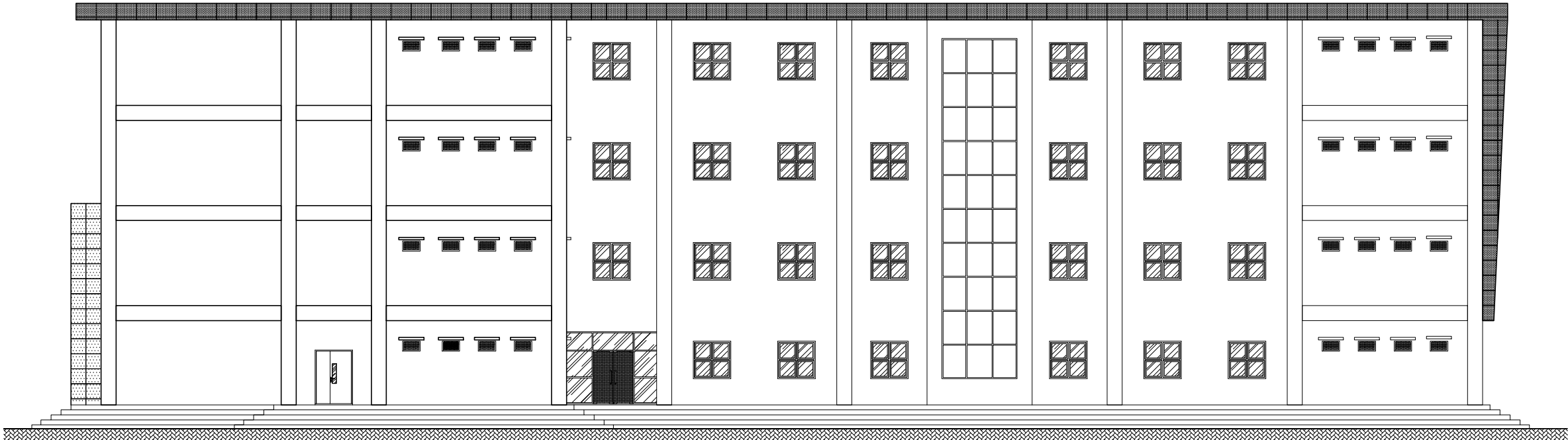
TANGGAL

KODE GAMBAR

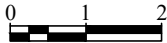
NO. GAMBAR

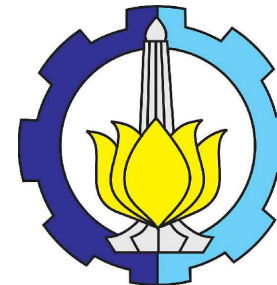
ARS

08



 **TAMPAK BELAKANG**  
Skala 1:250





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

POTONGAN B-B

1 : 250

REVISI

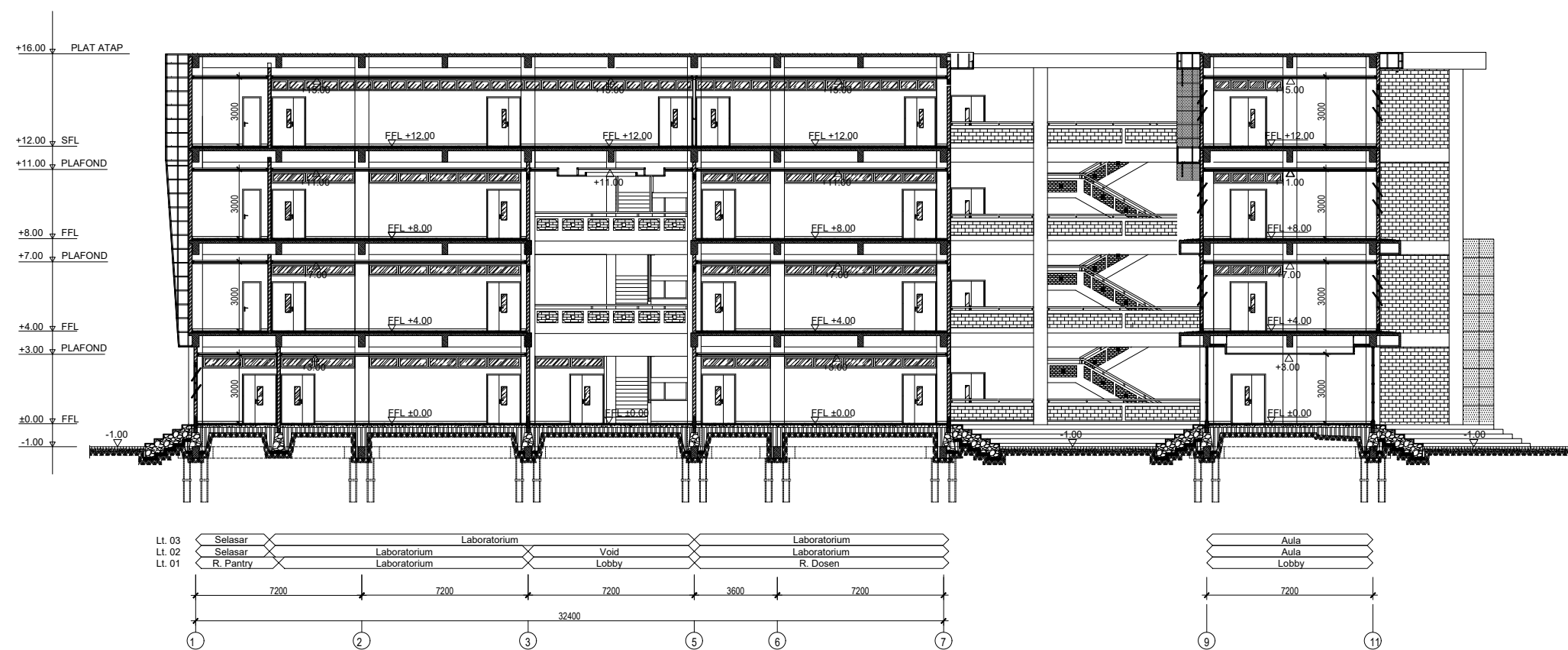
TANGGAL

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

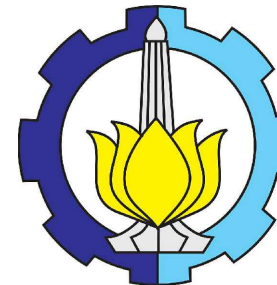
ARS

10



**POTONGAN B-B**  
Skala 1:250





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

POTONGAN A-A

1 : 250

REVISI

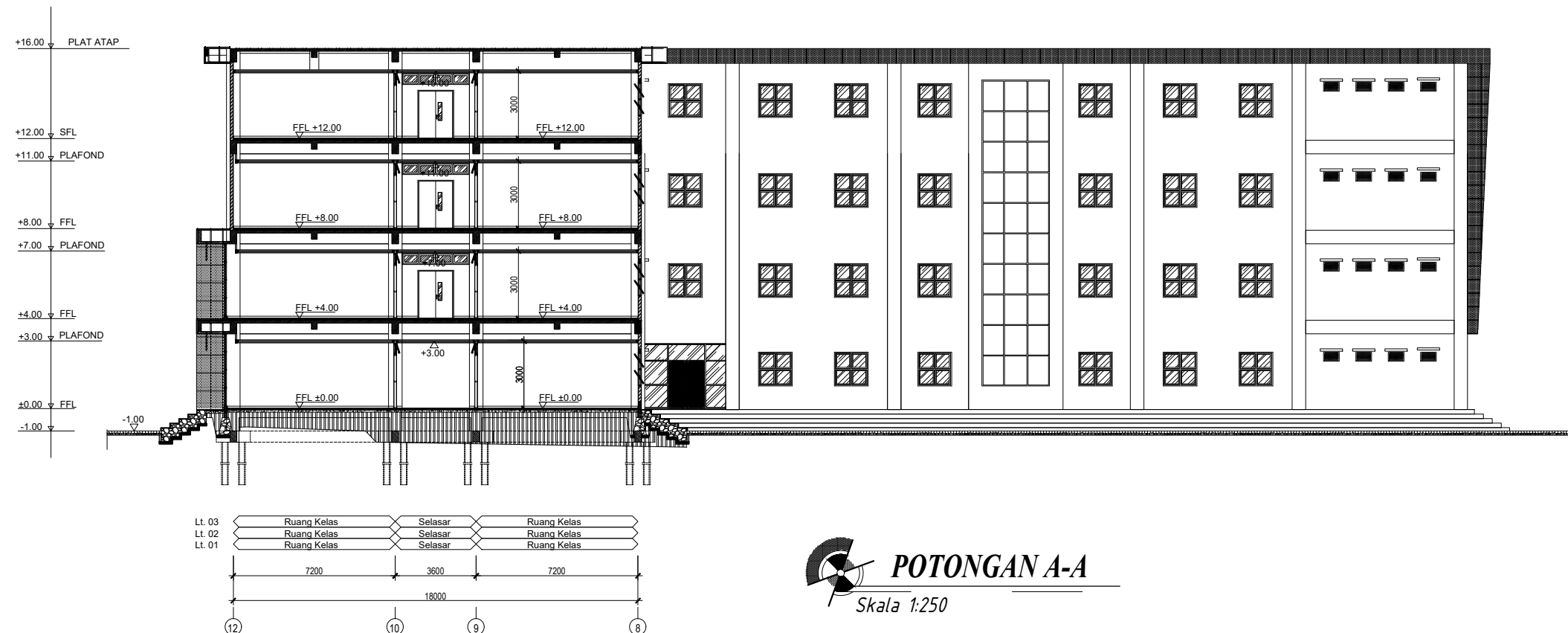
TANGGAL

KODE GAMBAR

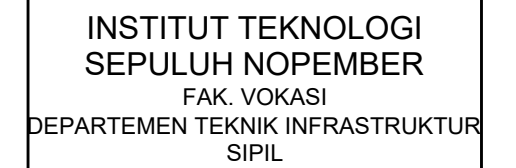
NO. GAMBAR

ARS

09



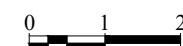




PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAHA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

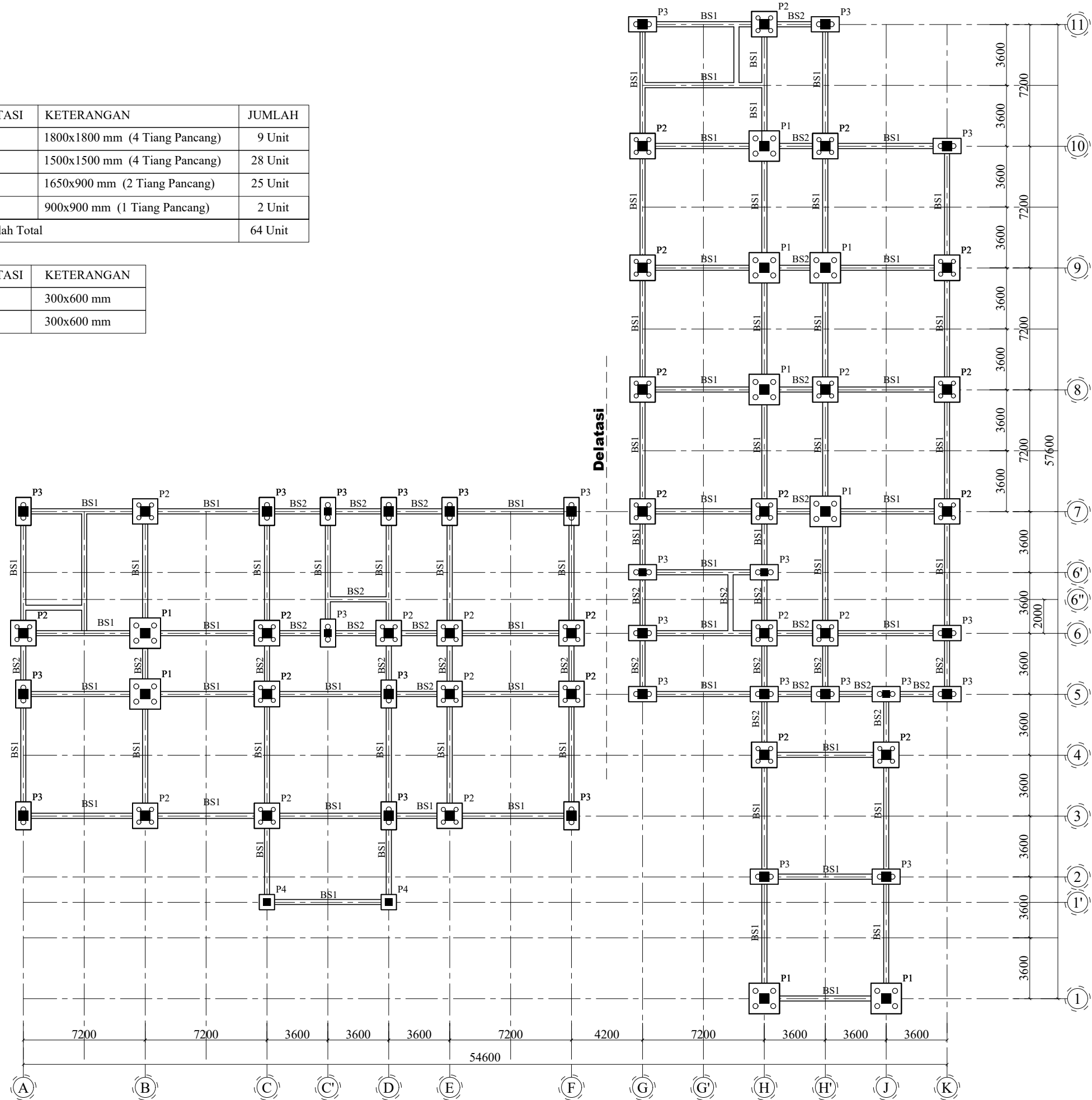
DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

<i>JUDUL GAMBAR</i>		<i>SKALA</i>
POTONGAN C-C		1 : 250
<i>REVISI</i>	<i>TANGGAL</i>	
<i>KODE GAMBAR</i>	<i>NO. GAMBAR</i>	
ARS	11	



NOTASI	KETERANGAN	JUMLAH
P1	1800x1800 mm (4 Tiang Pancang)	9 Unit
P2	1500x1500 mm (4 Tiang Pancang)	28 Unit
P3	1650x900 mm (2 Tiang Pancang)	25 Unit
P4	900x900 mm (1 Tiang Pancang)	2 Unit
Jumlah Total		64 Unit

NOTASI	KETERANGAN
BS1	300x600 mm
BS2	300x600 mm



**DENAH PONDASI & SLOOF**  
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

**TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAKHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

**DOSEN PEMBIMBING**

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

**MAHASISWA**

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

**JUDUL GAMBAR**

DENAH PONDASI &  
SLOOF

**SKALA**

1 : 250

**REVISI**

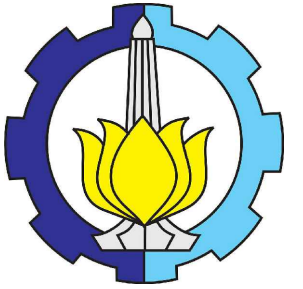
**TANGGAL**

**KODE GAMBAR**

**NO. GAMBAR**

STR

01



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLARHAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH PILE CAP

1 : 20

REVISI

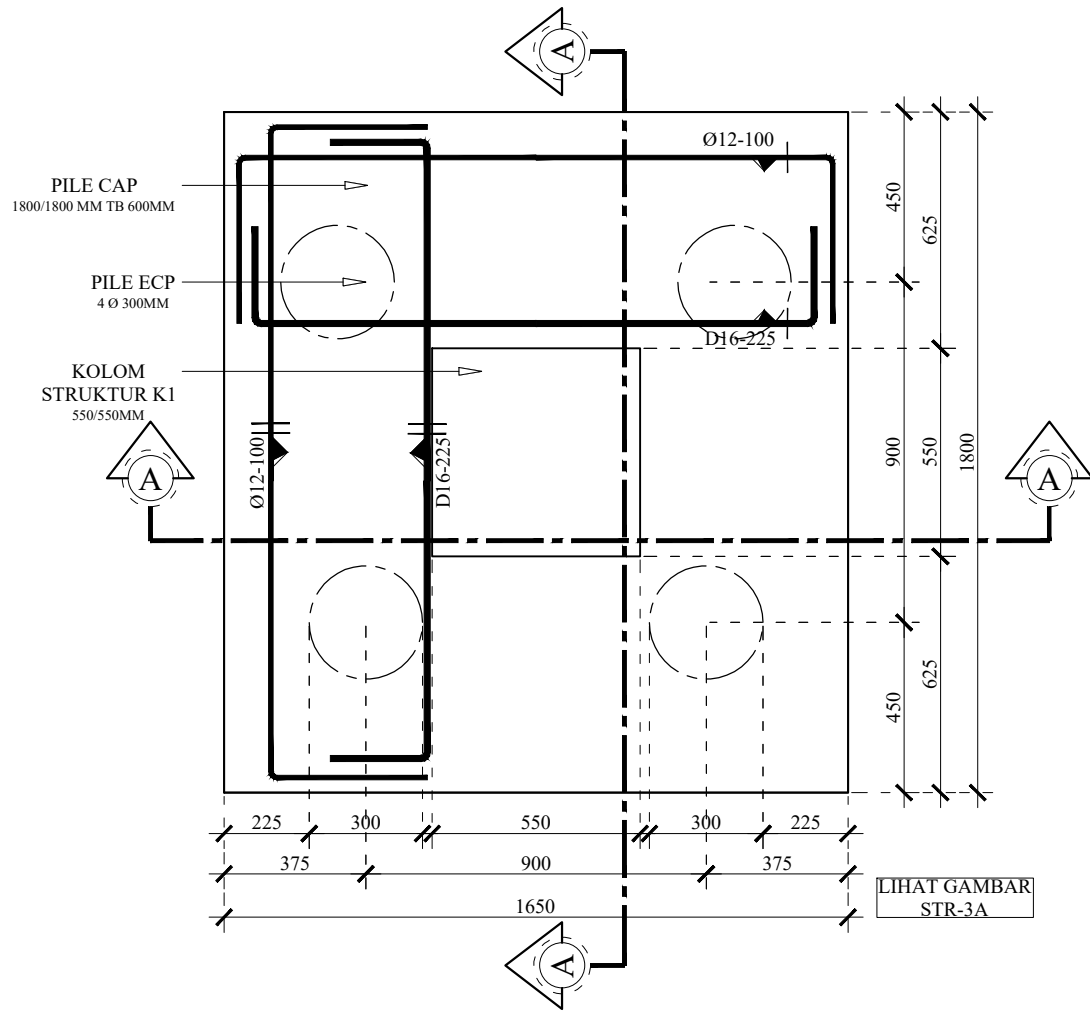
TANGGAL

KODE GAMBAR

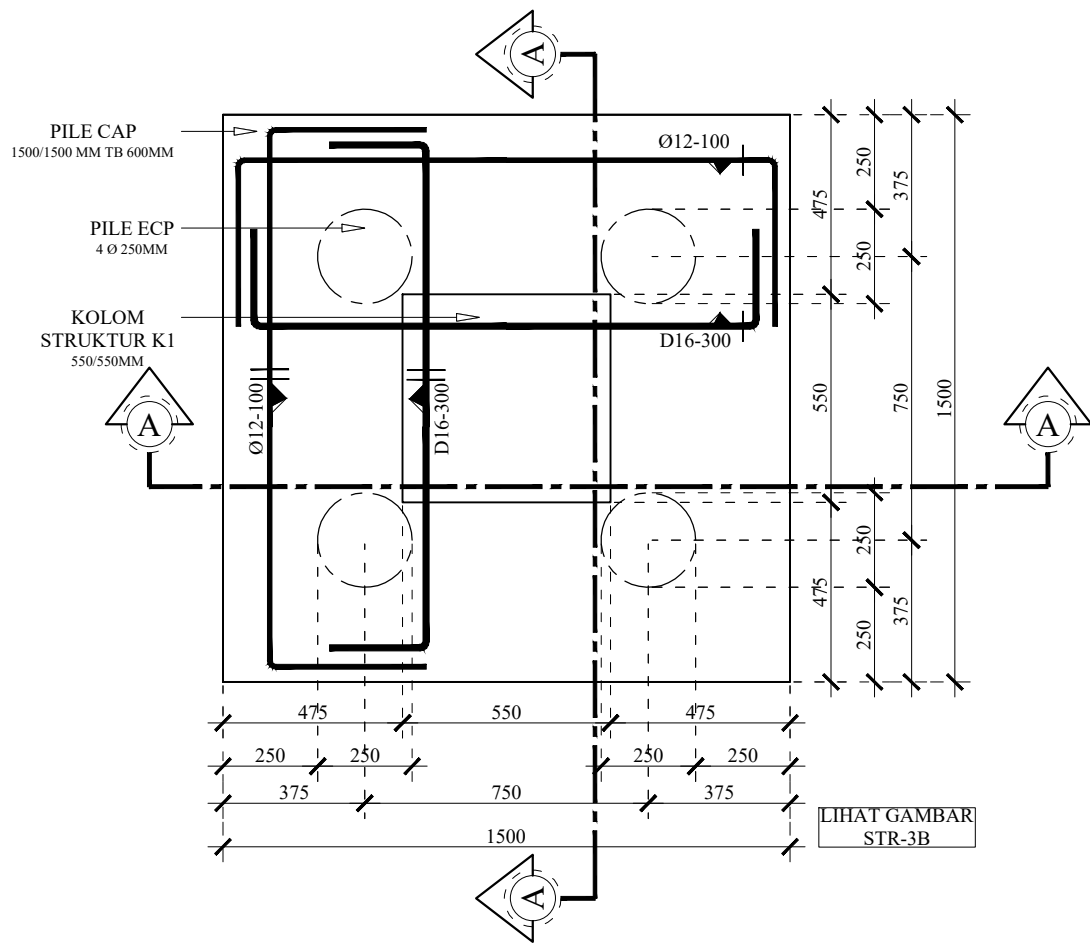
NO. GAMBAR

STR

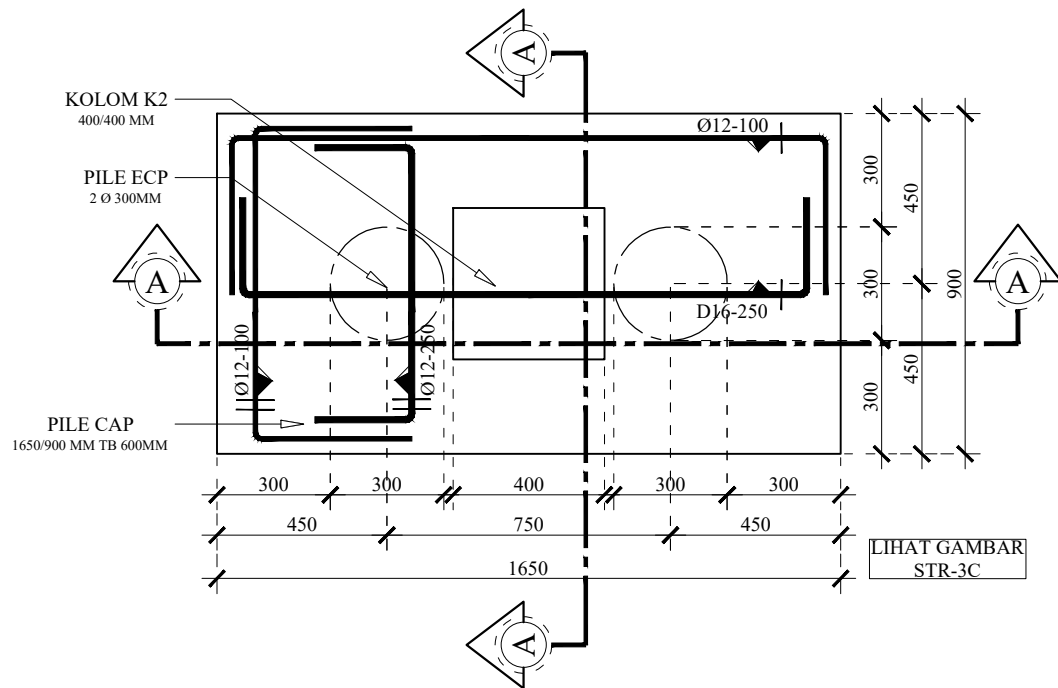
2



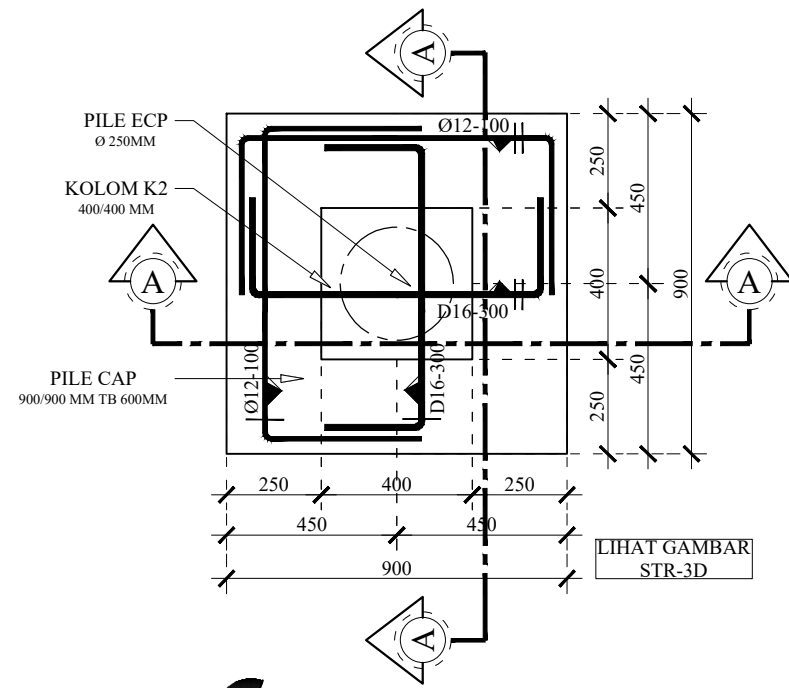
**DENAH PILE CAP 1**  
Skala 1:20



**DENAH PILE CAP 2**  
Skala 1:20



**DENAH PILE CAP 3**  
Skala 1:20



**DENAH PILE CAP 3**  
Skala 1:20

NOTE : 1. GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR 01  
2. GAMBAR POTONGAN DAPAT DILIHAT PADA GAMBAR STR 03







INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAKHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

POTONGAN PILE CAP

1 : 20

REVISI

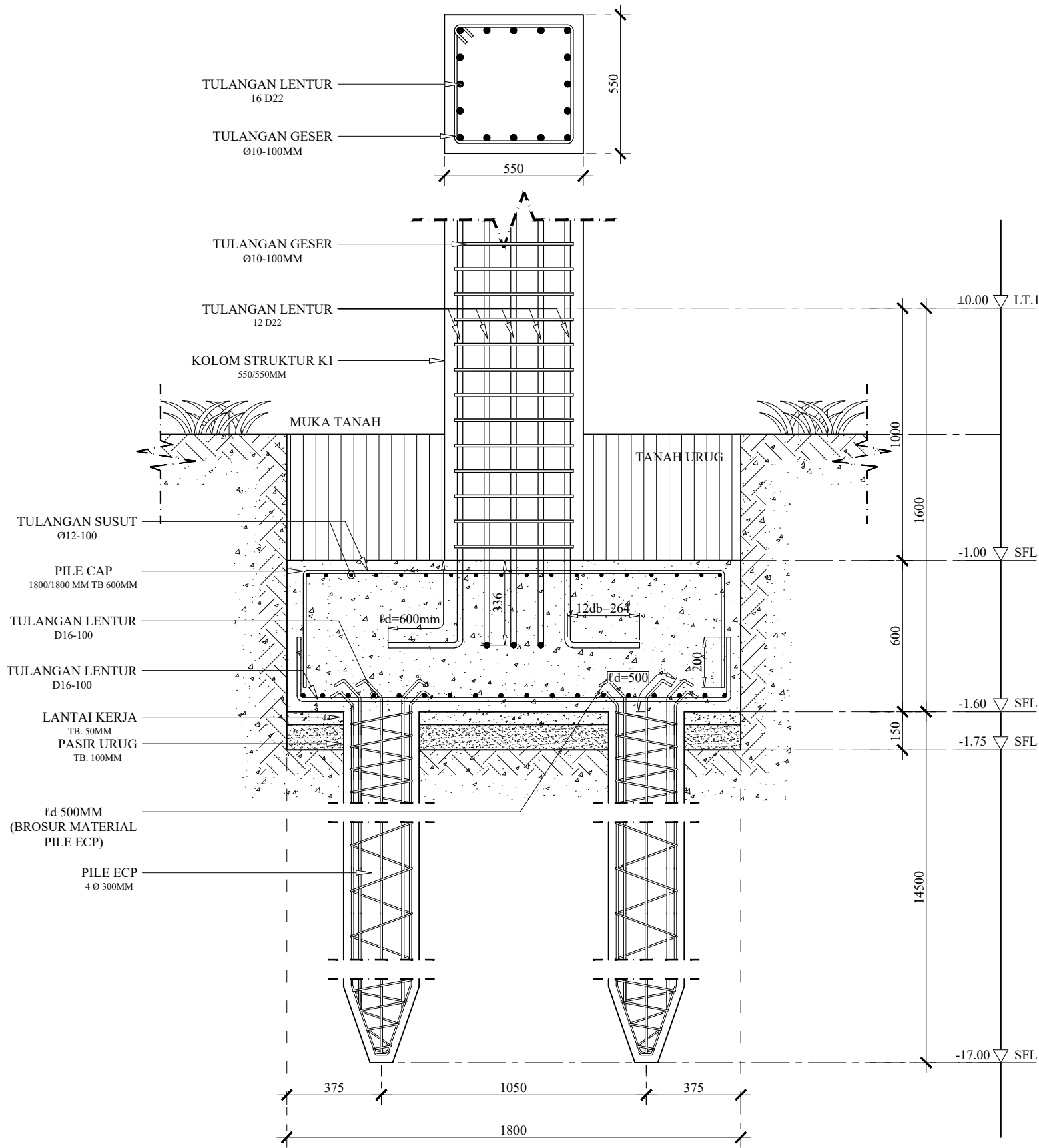
TANGGAL

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

STR

3A



**POTONGAN A (PILE CAP)**  
Skala 1:20





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAH RAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

POTONGAN PILE CAP

1 : 20

REVISI

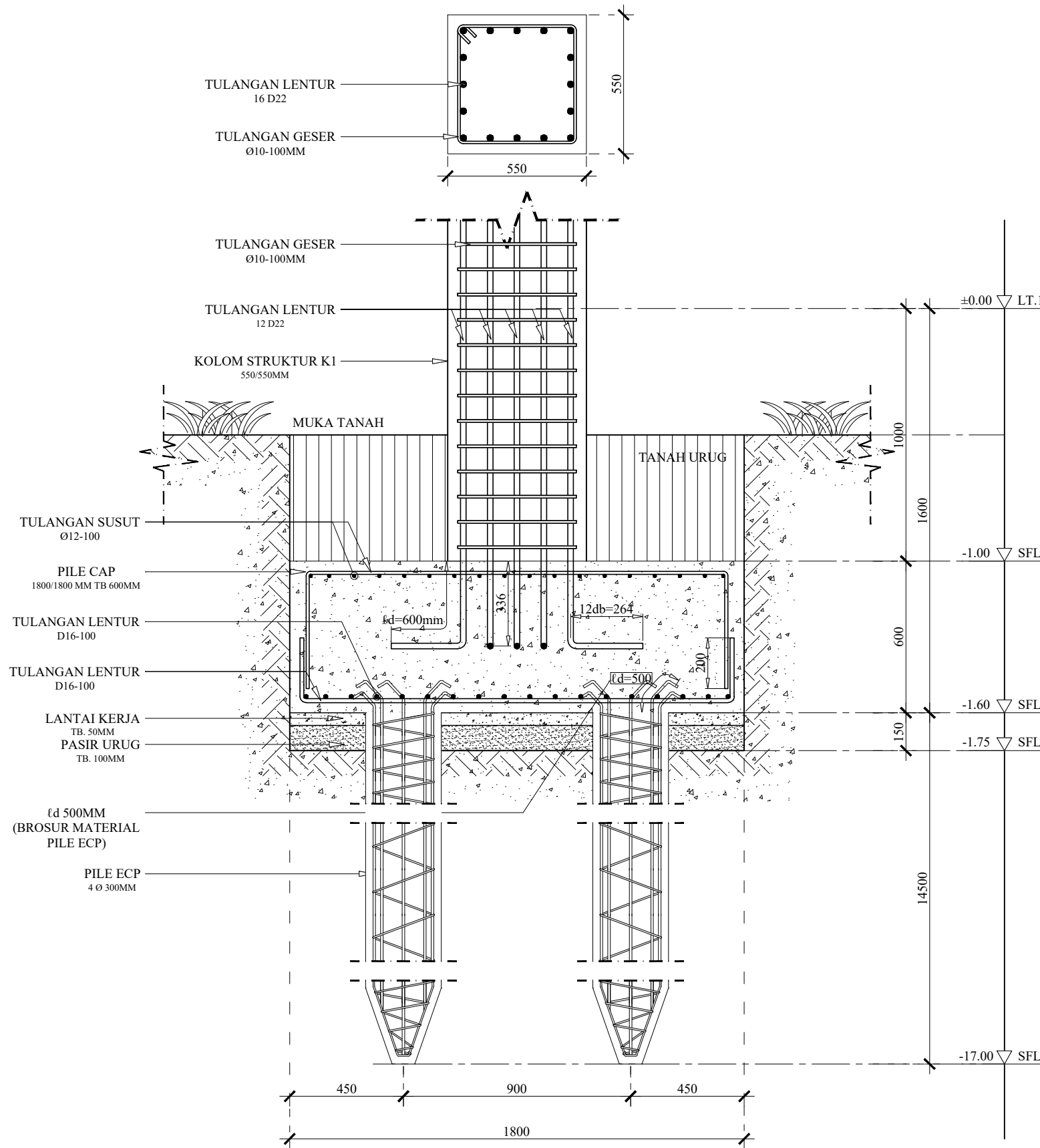
TANGGAL

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

STR

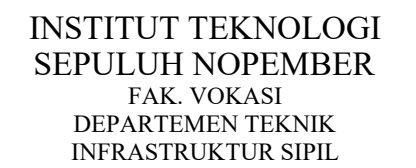
3A



**POTONGAN A (PILE CAP)**  
Skala 1:20

NOTE : 1. GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR 02



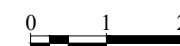


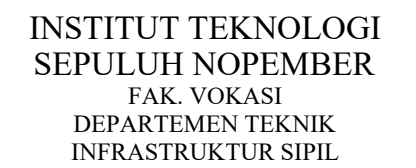
PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

<i>JUDUL GAMBAR</i>		<i>SKALA</i>
POTONGAN PILE CAP		1 : 20
<i>REVISI</i>	<i>TANGGAL</i>	
<i>KODE GAMBAR</i>	<i>NO. GAMBAR</i>	
STR	3A'	





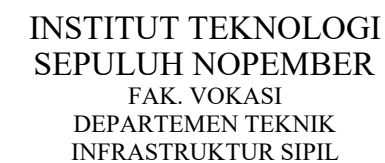
PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

<i>JUDUL GAMBAR</i>		<i>SKALA</i>
POTONGAN PILE CAP		1 : 20
<i>REVISI</i>	<i>TANGGAL</i>	
<i>KODE GAMBAR</i>	<i>NO. GAMBAR</i>	
STR	3A'	





PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAH RAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

<i>JUDUL GAMBAR</i>		<i>SKALA</i>
POTONGAN PILE CAP		1 : 20
<i>REVISI</i>	<i>TANGGAL</i>	
<i>KODE GAMBAR</i>	<i>NO. GAMBAR</i>	
STR	3B	





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAH RAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

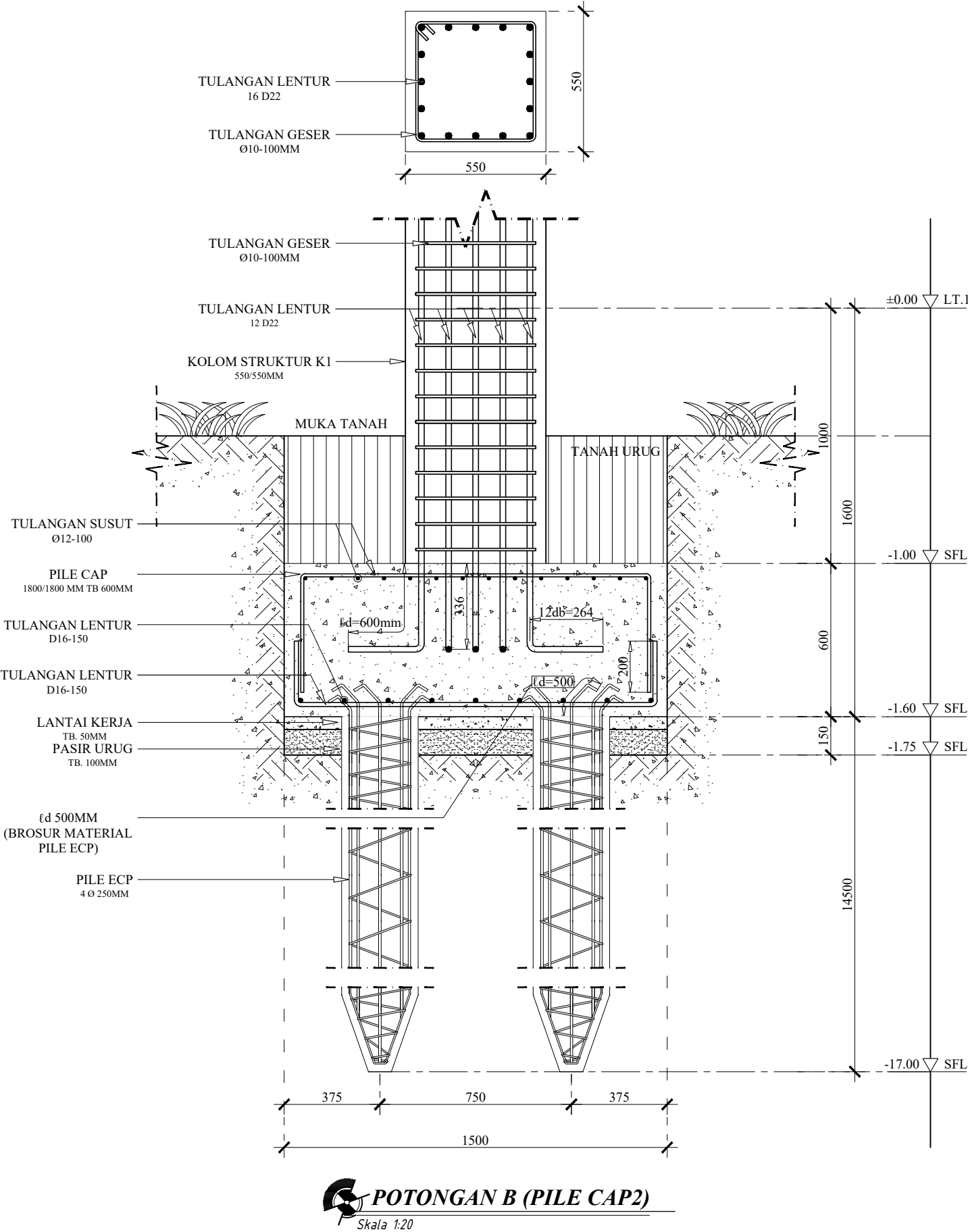
MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN PILE CAP	1 : 20

REVISI	TANGGAL

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	3B'



NOTE : 1. GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR 02







INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAH RAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

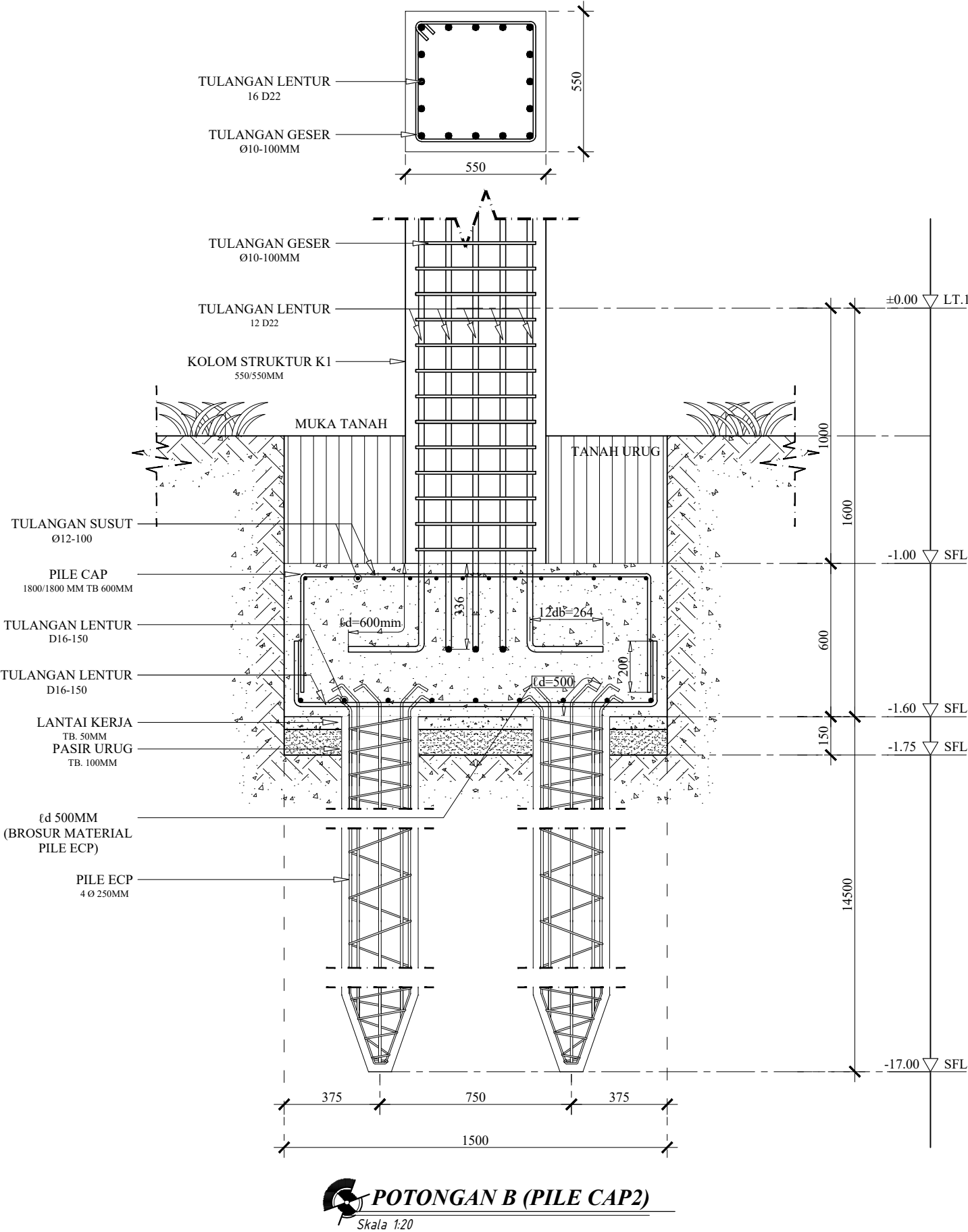
MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN PILE CAP	1 : 20

REVISI	TANGGAL

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	3B'



NOTE : 1. GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR 02





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

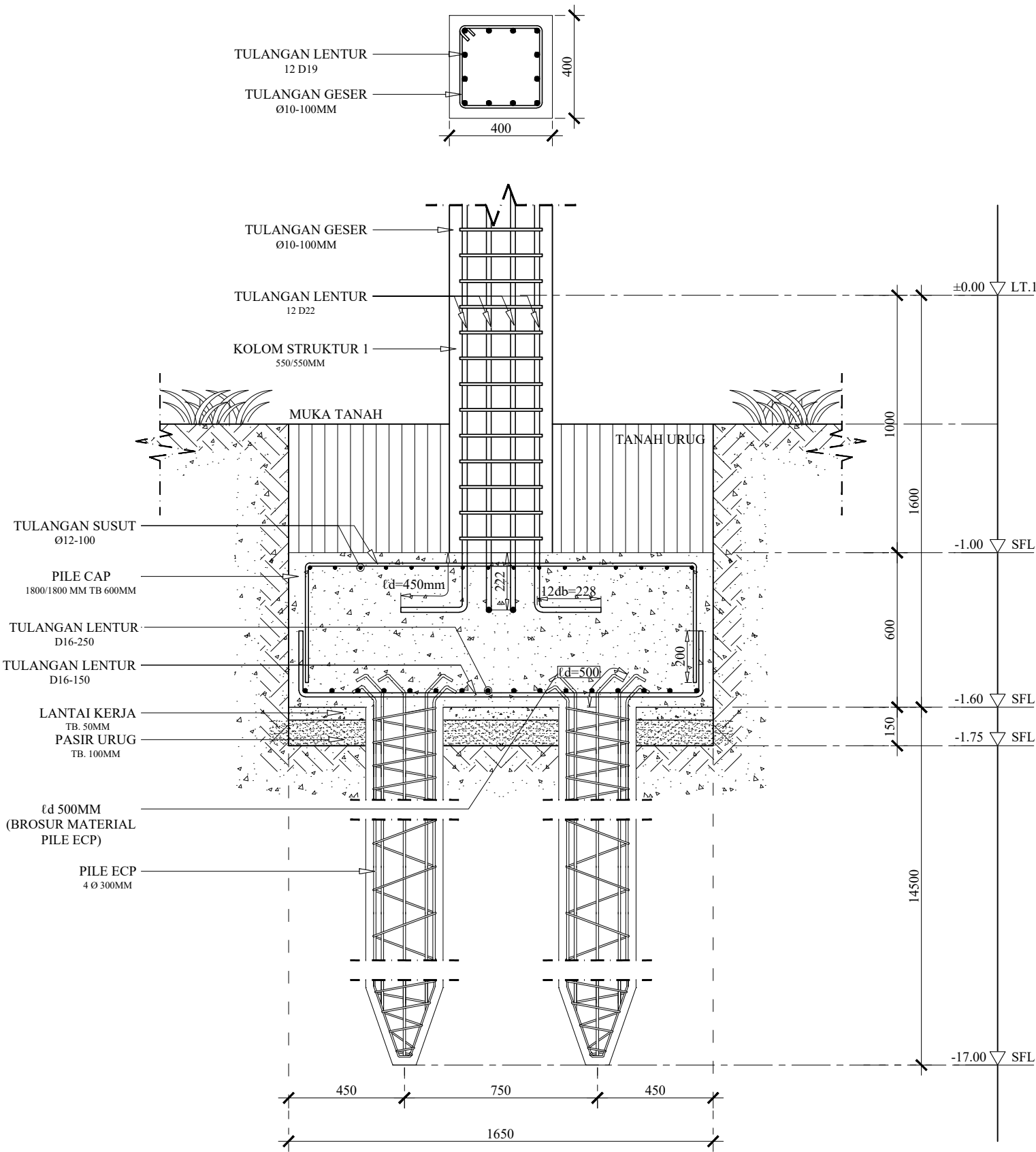
MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN PILE CAP	1 : 20

REVISI	TANGGAL

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	3C



**POTONGAN A (PILE CAP3)**  
Skala 1:20

NOTE : 1. GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR 02





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

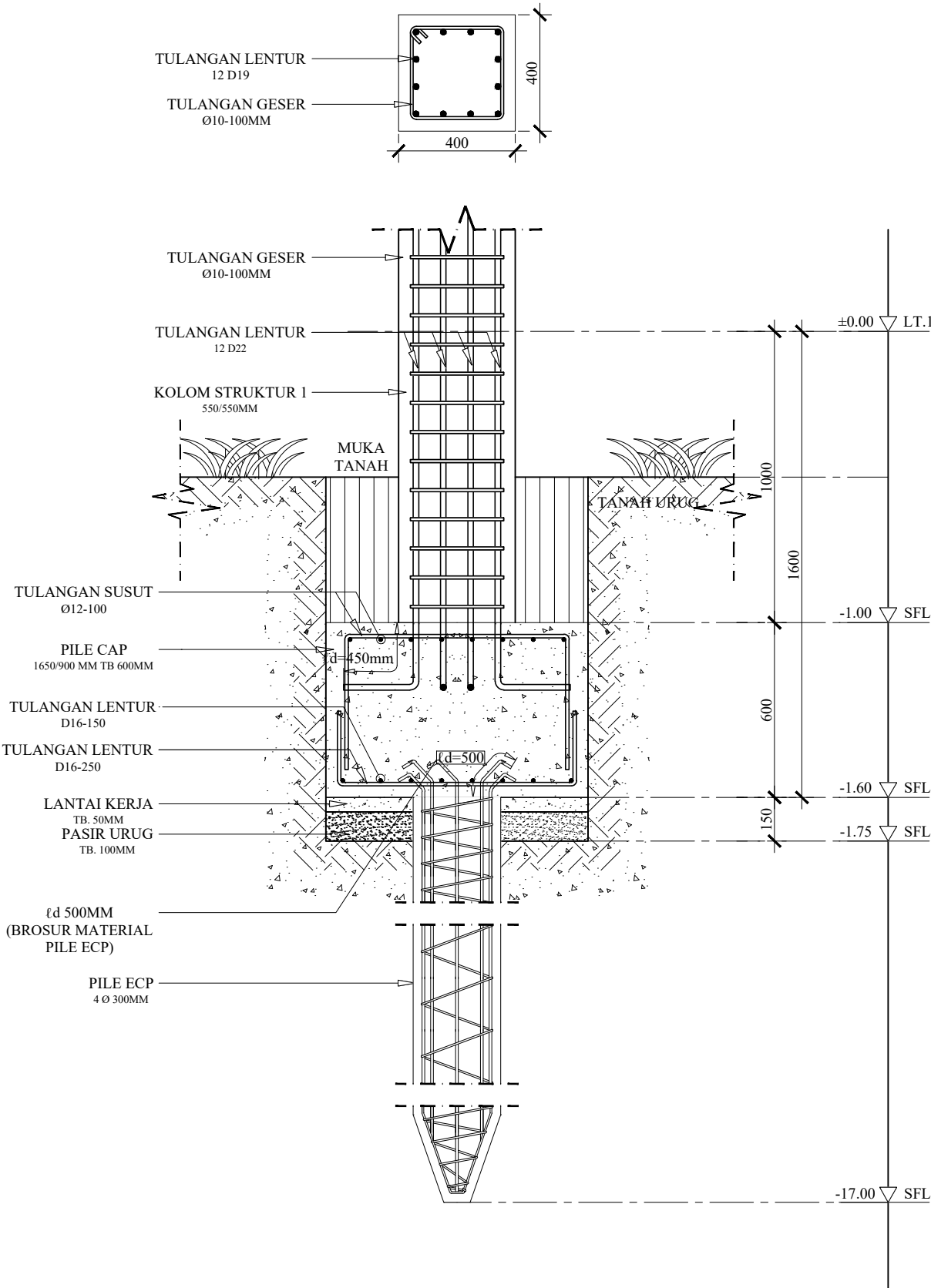
MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN PILE CAP	1 : 20

REVISI	TANGGAL

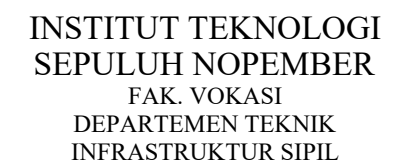
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	3C'



**POTONGAN B (PILE CAP3)**  
Skala 1:20

NOTE : 1. GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR 02





PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

<i>JUDUL GAMBAR</i>		<i>SKALA</i>
POTONGAN PILE CAP		1 : 20
<i>REVISI</i>	<i>TANGGAL</i>	
<i>KODE GAMBAR</i>	<i>NO. GAMBAR</i>	
STR	3C'	





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

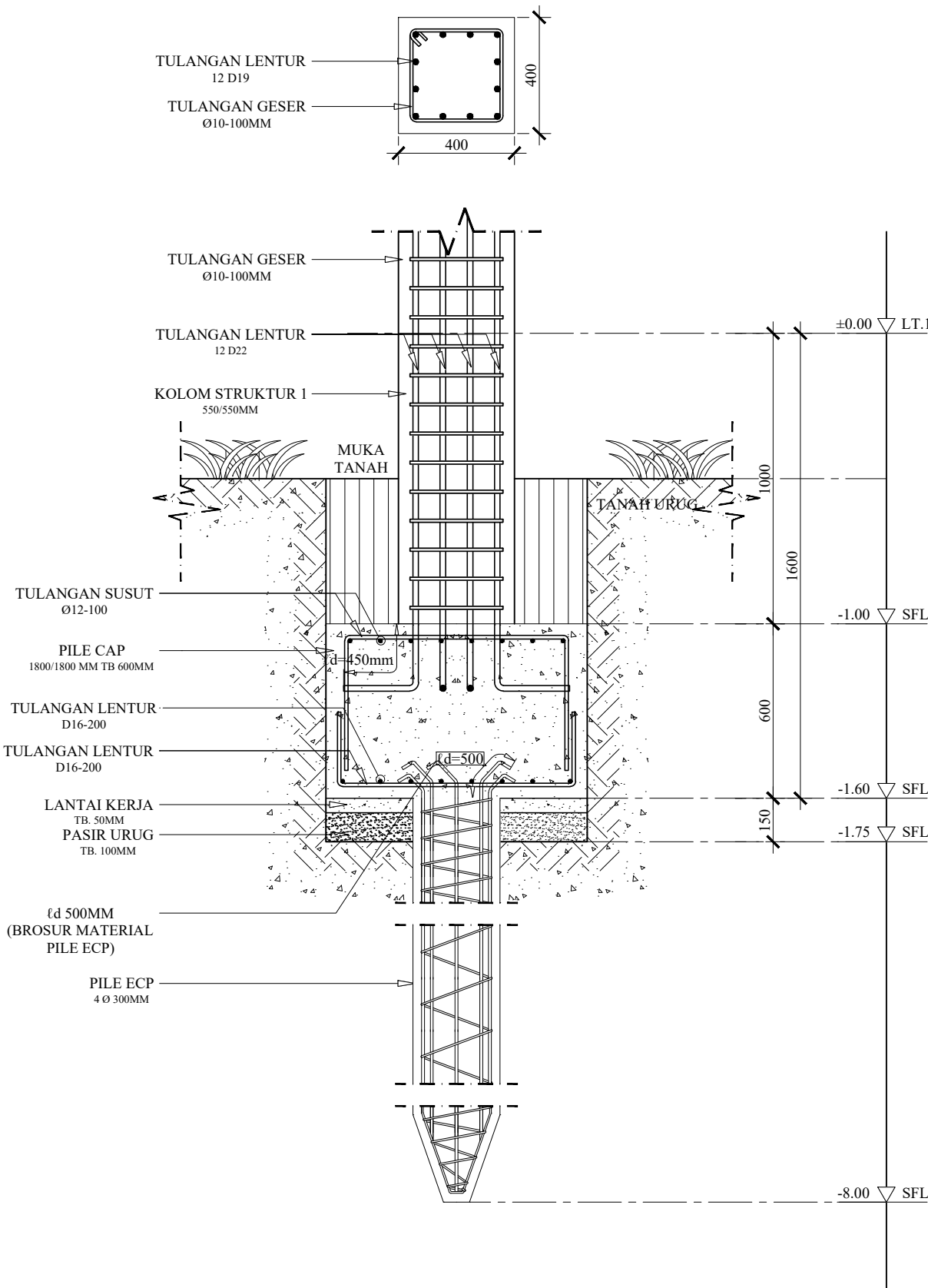
DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN PILE CAP	1 : 20

REVISI	TANGGAL

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR

STR	3D
-----	----



**POTONGAN A (PILE CAP4)**  
Skala 1:20

NOTE : 1. GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR 02





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

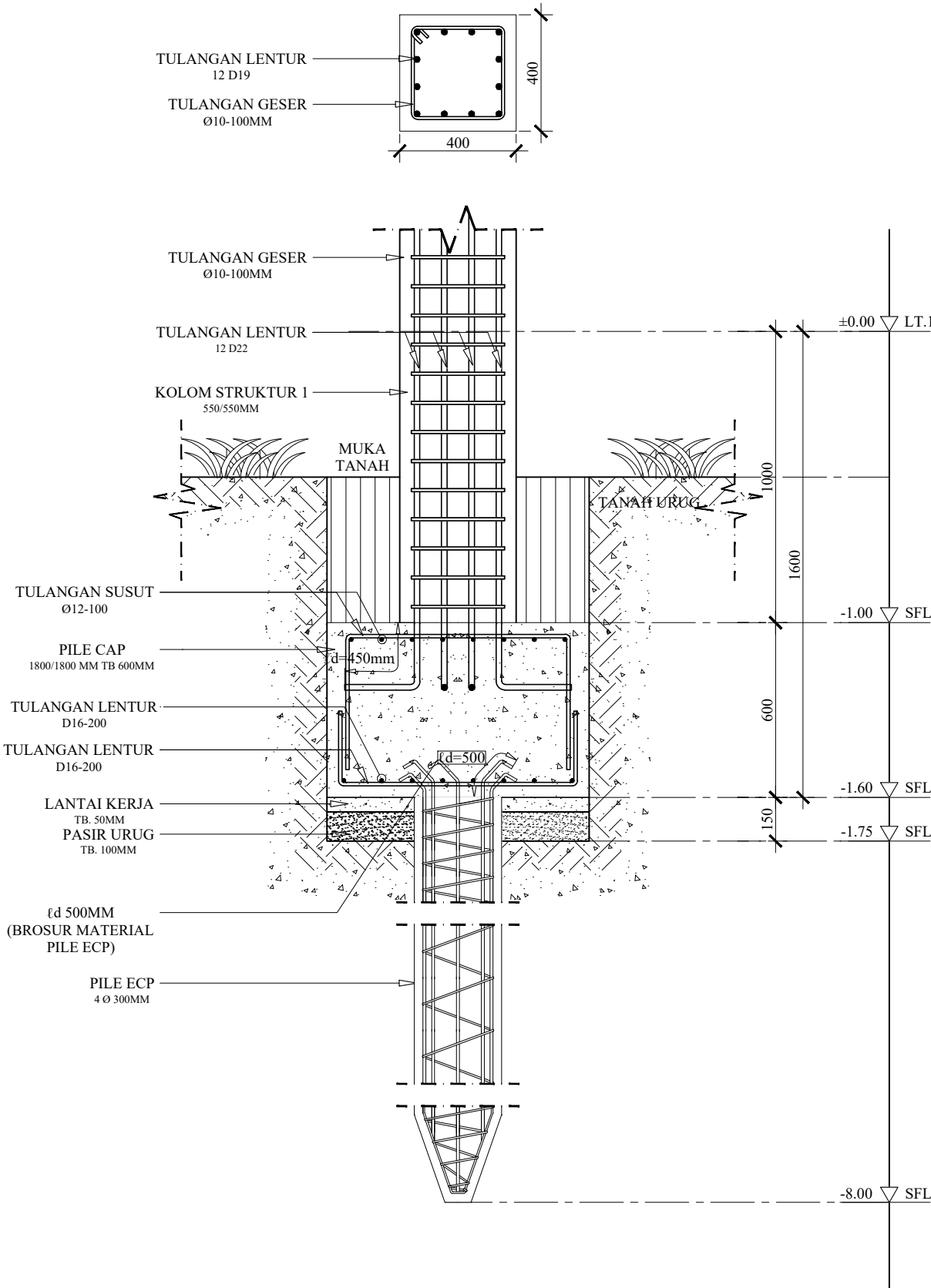
DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

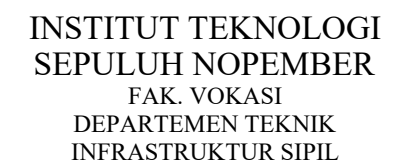
JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN PILE CAP	1 : 20
REVISI	TANGGAL
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	3D'



**POTONGAN B (PILE CAP4)**  
Skala 1:20

NOTE : 1. GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR 02





PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAHA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

<i>JUDUL GAMBAR</i>		<i>SKALA</i>
POTONGAN PILE CAP		1 : 20
<i>REVISI</i>	<i>TANGGAL</i>	
<i>KODE GAMBAR</i>	<i>NO. GAMBAR</i>	
STR	3D'	





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAIL SLOOF

1 : 20

REVISI

TANGGAL

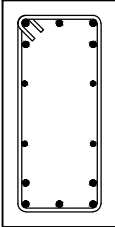
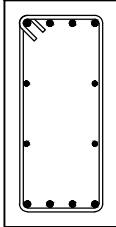
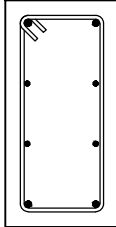
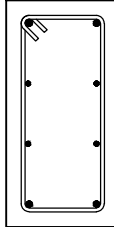
KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

STR

04

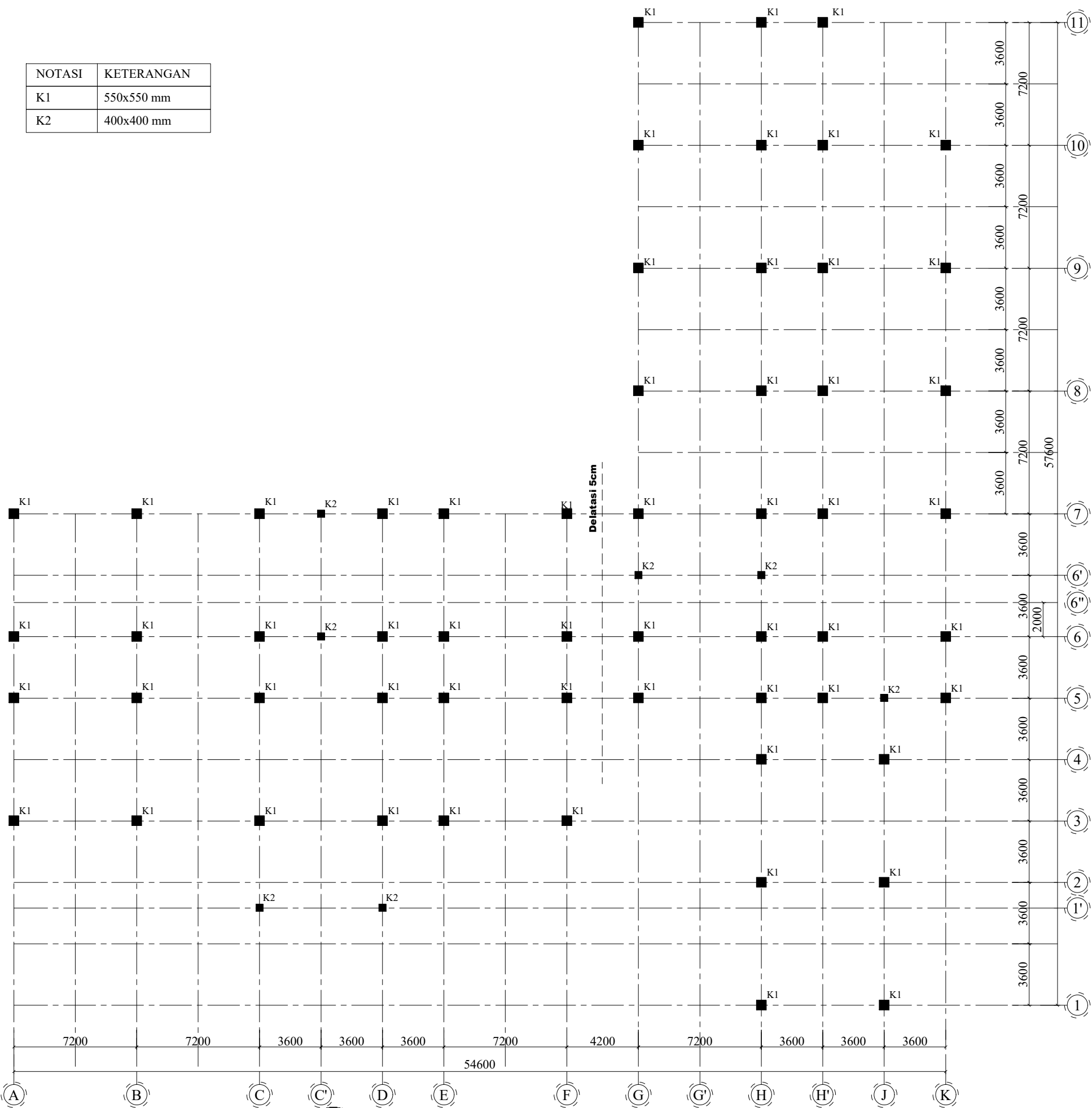
TABEL PENULANGAN

NOTASI	BS1		BS2	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR				
DIMENSI	300 X 600	300 X 600	300 X 600	300 X 600
TULANGAN ATAS	5 D 16	5 D 16	2 D 16	2 D 16
TULANGAN BAWAH	5 D 16	5 D 16	2 D 16	2 D 16
TULANGAN TORSI	4 D 13	4 D 13	4 Ø 12	4 Ø 12
SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 125	Ø10 - 100	Ø10 - 150
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm

NOTE : GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR 02



NOTASI	KETERANGAN
K1	550x550 mm
K2	400x400 mm



**DENAH KOLOM LT.1 (elv. ±0,00)**  
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAKHAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

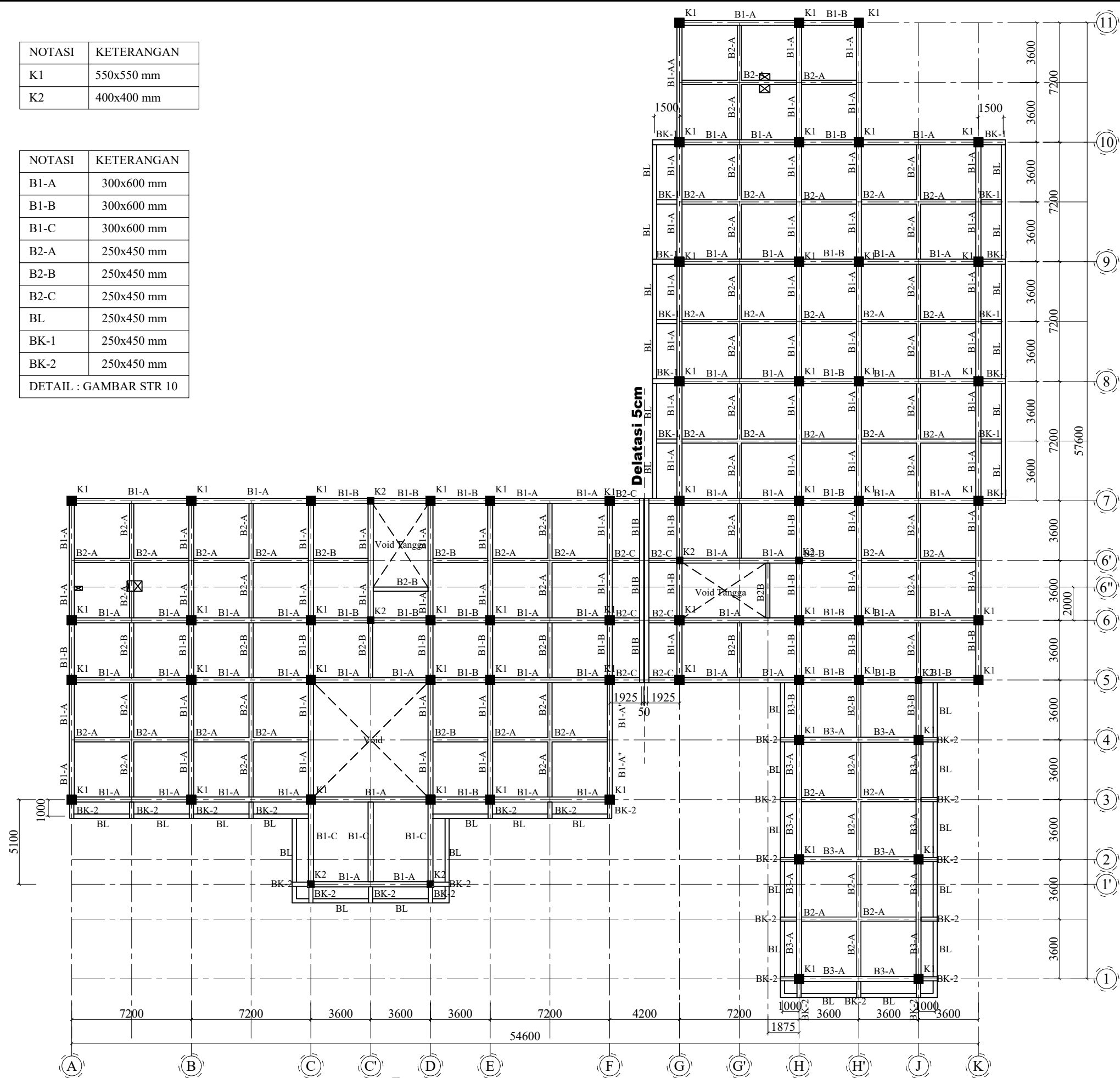
JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH KOLOM LT.1	1 : 250

REVISI	TANGGAL
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	05



NOTASI	KETERANGAN
K1	550x550 mm
K2	400x400 mm

NOTASI	KETERANGAN
B1-A	300x600 mm
B1-B	300x600 mm
B1-C	300x600 mm
B2-A	250x450 mm
B2-B	250x450 mm
B2-C	250x450 mm
BL	250x450 mm
BK-1	250x450 mm
BK-2	250x450 mm
DETAIL : GAMBAR STR 10	



**DENAH BALOK KOLOM LT.2**  
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM  
BALOK LT.2

SKALA

1 : 250

REVISI

TANGGAL

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

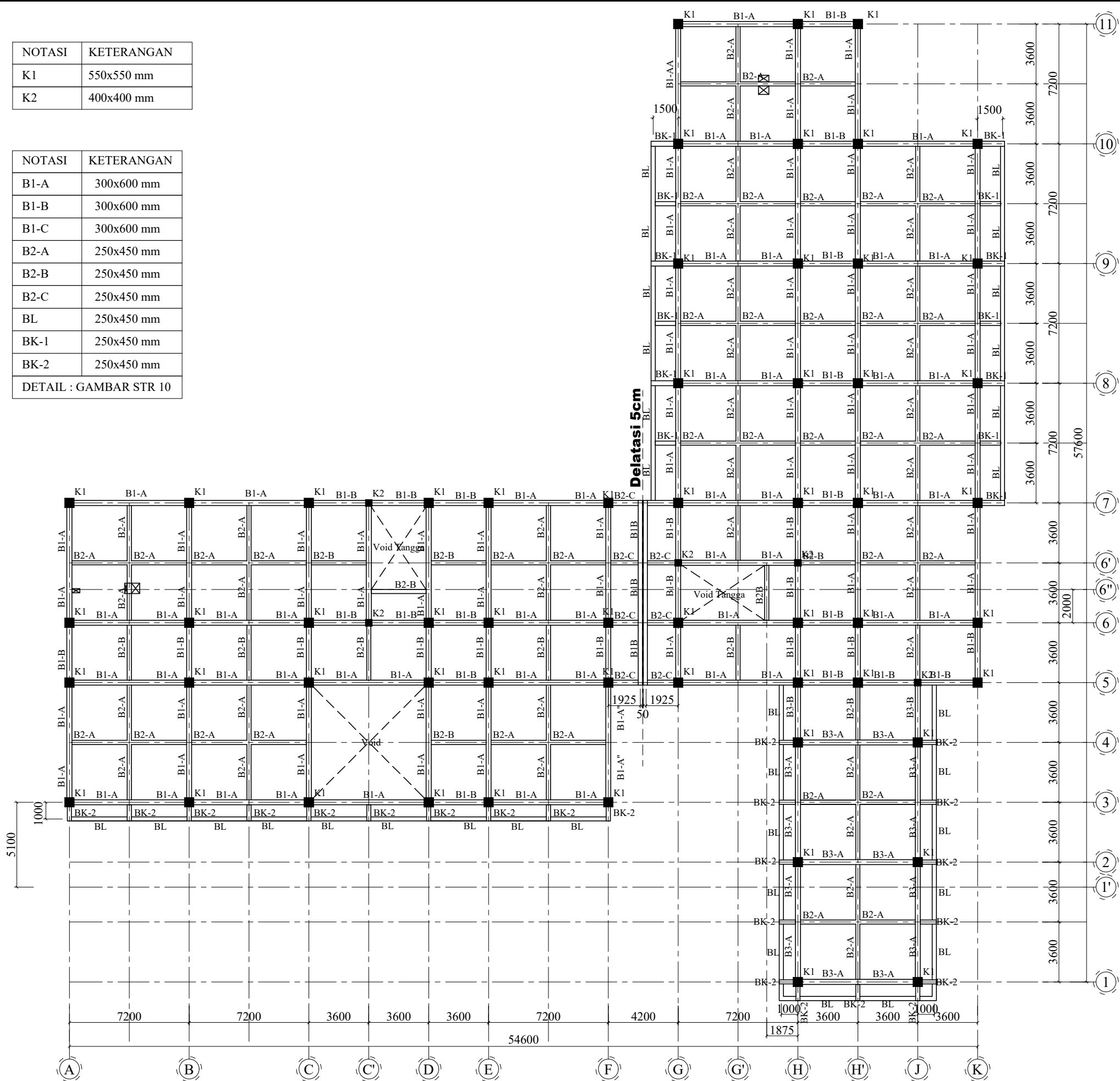
STR

06



NOTASI	KETERANGAN
K1	550x550 mm
K2	400x400 mm

NOTASI	KETERANGAN
B1-A	300x600 mm
B1-B	300x600 mm
B1-C	300x600 mm
B2-A	250x450 mm
B2-B	250x450 mm
B2-C	250x450 mm
BL	250x450 mm
BK-1	250x450 mm
BK-2	250x450 mm
DETAIL : GAMBAR STR 10	



**DENAH BALOK KOLOM LT.3**  
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

**TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAAHRAHA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

**DOSEN PEMBIMBING**

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

**MAHASISWA**

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

**JUDUL GAMBAR**

DENAH BALOK LT.3

**SKALA**

1 : 250

**REVISI**

**TANGGAL**

**KODE GAMBAR**

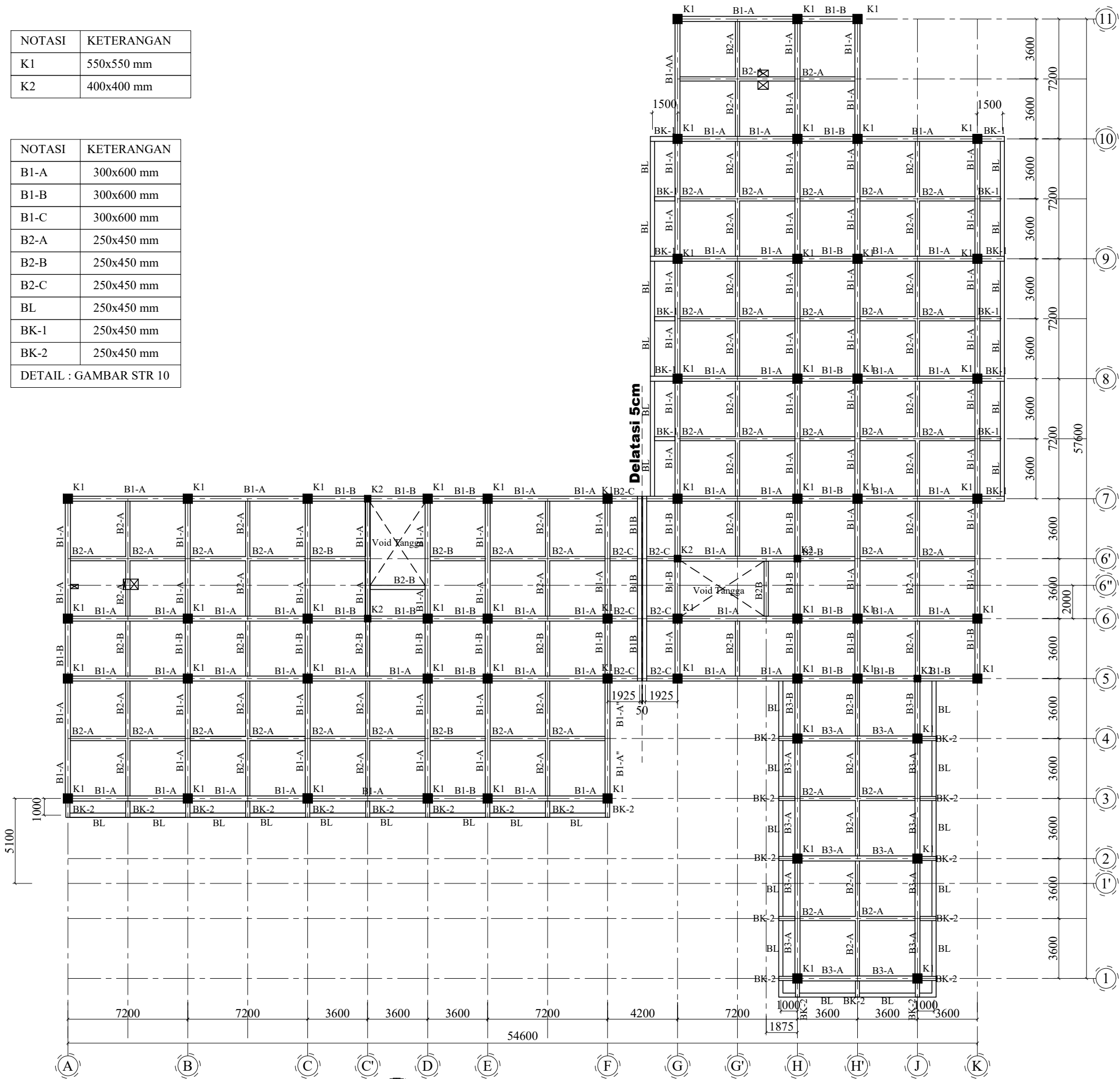
**NO. GAMBAR**

STR

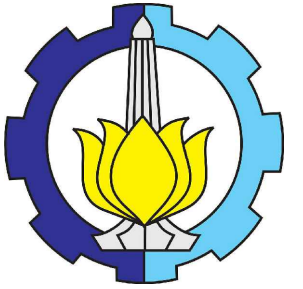
07

NOTASI	KETERANGAN
K1	550x550 mm
K2	400x400 mm

NOTASI	KETERANGAN
B1-A	300x600 mm
B1-B	300x600 mm
B1-C	300x600 mm
B2-A	250x450 mm
B2-B	250x450 mm
B2-C	250x450 mm
BL	250x450 mm
BK-1	250x450 mm
BK-2	250x450 mm
DETAIL : GAMBAR STR 10	



**DENAH BALOK KOLOM LT.4**  
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

**TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAAHRAHA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

**DOSEN PEMBIMBING**

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

**MAHASISWA**

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

**JUDUL GAMBAR**

DENAH BALOK  
KOLOM LT.4

**SKALA**

1 : 250

**REVISI**

**TANGGAL**

**KODE GAMBAR**

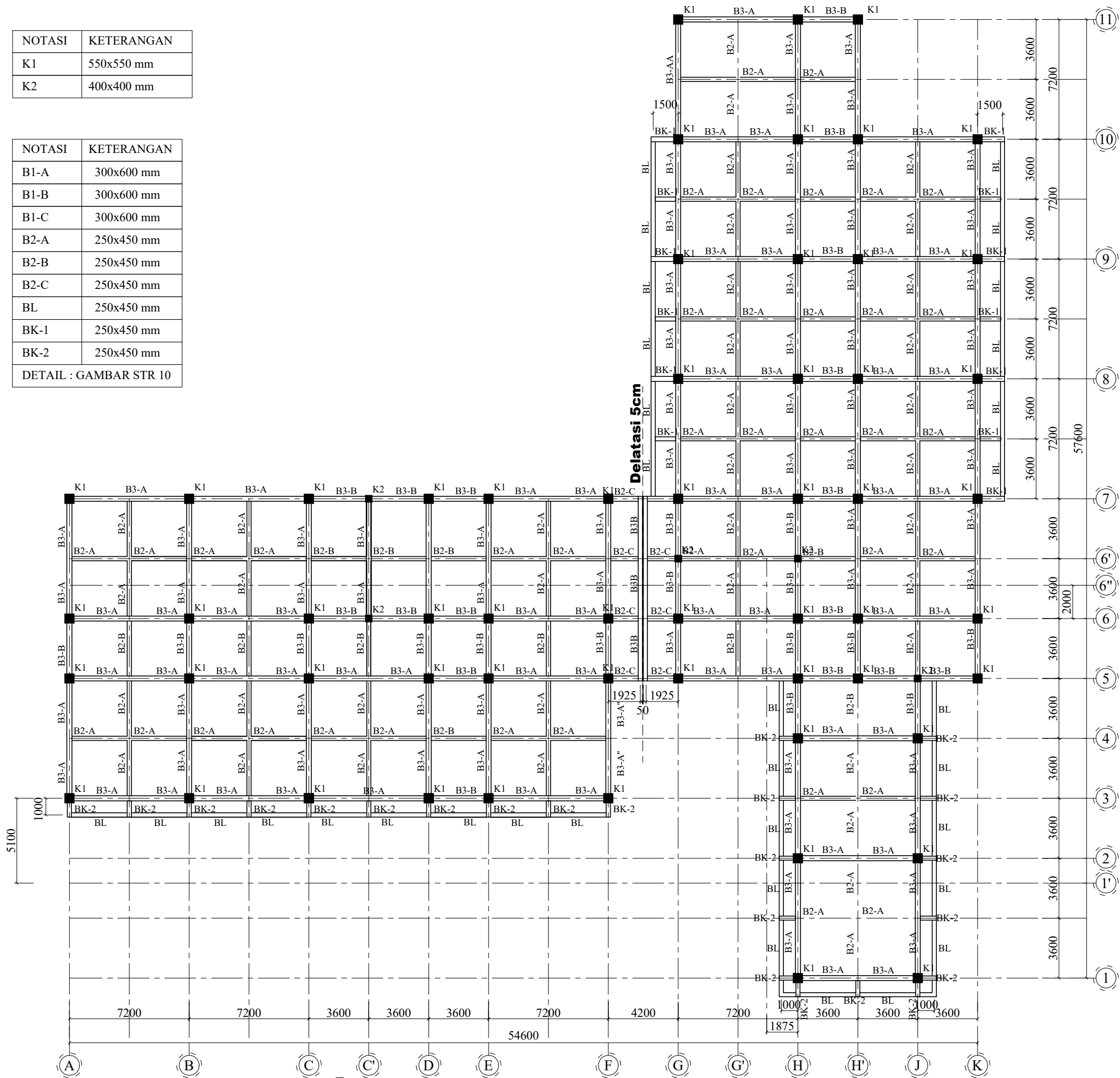
**NO. GAMBAR**

STR

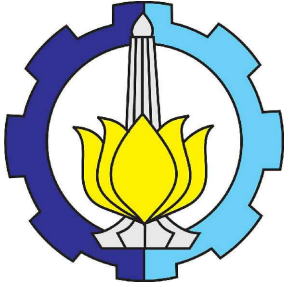
08

NOTASI	KETERANGAN
K1	550x550 mm
K2	400x400 mm

NOTASI	KETERANGAN
B1-A	300x600 mm
B1-B	300x600 mm
B1-C	300x600 mm
B2-A	250x450 mm
B2-B	250x450 mm
B2-C	250x450 mm
BL	250x450 mm
BK-1	250x450 mm
BK-2	250x450 mm
DETAIL : GAMBAR STR 10	



**DENAH BALOK KOLOM LT. ATAP**  
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAAHRAHA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM  
BALOK LT. ATAP

SKALA

1 : 250

REVISI

TANGGAL

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

STR

09

TABEL PENULANGAN

NOTASI	B1-A		B1-B		B1-C	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR						
DIMENSI	300 x 600	300 x 600	300 x 600	300 x 600	300 x 600	300 x 600
TULANGAN ATAS	8 D 22	2 D 22	6 D 22	2 D 22	6 D 19	2 D 19
TULANGAN BAWAH	3 D 22	5 D 22	2 D 22	3 D 22	2 D 19	3 D 19
TULANGAN TORSI	4 Ø 12	4 Ø 12	4 Ø 12	4 Ø 12	4 Ø 12	4 Ø 12
SENGKANG	D13 - 100	D13 - 125	D13 - 100	D13 - 150	D13 - 100	D13 - 150
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm

TABEL PENULANGAN

NOTASI	K1	K2
GAMBAR		
DIMENSI	550 X 550	400 X 400
TULANGAN ATAS	16 D 22	12 D 19
TULANGAN BAWAH		
TULANGAN TORSI	-	-
SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 100
SELIMUT	40 mm	40 mm

TABEL PENULANGAN

NOTASI	B2-A		B2-B		B3-A		B3-B	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR								
DIMENSI	250 X 450	250 X 450	250 X 450	250 X 450	300 x 500	300 x 500	300 x 500	300 x 500
TULANGAN ATAS	8 D 19	2 D 19	5 D 19	2 D 19	6 D 19	2 D 19	2 D 16	2 D 16
TULANGAN BAWAH	3 D 19	3 D 19	2 D 19	3 D 19	2 D 19	4 D 19	2 D 16	2 D 16
TULANGAN TORSI	2 D 13	2 D 13	4 D 13	4 D 13	4 Ø 12	4 Ø 12	4 Ø 12	4 Ø 12
SENGKANG	D13 - 95	D13 - 125	Ø10 - 95	Ø10 - 125	Ø10 - 100	Ø10 - 125	Ø10 - 100	Ø10 - 125
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm

TABEL PENULANGAN

NOTASI	BL		BK-1		BK-2		BK-3	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR								
DIMENSI	250 X 450	250 X 450	250 X 450	250 X 450	250 X 450	250 X 450	250 X 450	250 X 450
TULANGAN ATAS	4 D 13	2 D 13	4 D 13	2 D 13	3 D 13	2 D 13	4 D 19	2 D 19
TULANGAN BAWAH	2 D 13	3 D 13	2 D 13	4 D 13	2 D 13	3 D 13	2 D 19	2 D 19
TULANGAN TORSI	2 D 13	2 D 13	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10	2 D 13	2 D 13
SENGKANG	Ø10 - 95	Ø10 - 100	Ø10 - 95	Ø10 - 95	Ø10 - 95	Ø10 - 95	Ø10 - 95	Ø10 - 95
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm

NOTE : GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR 06-09



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAIL PENULANGAN  
KOLOM & BALOK

1 : 25

REVISI

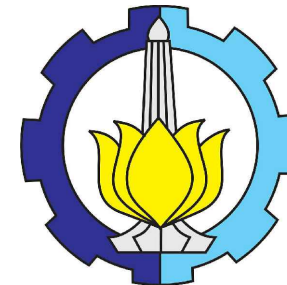
TANGGAL

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

STR

10



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAAHRAHA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH PLAT LT. 2

1 : 250

REVISI

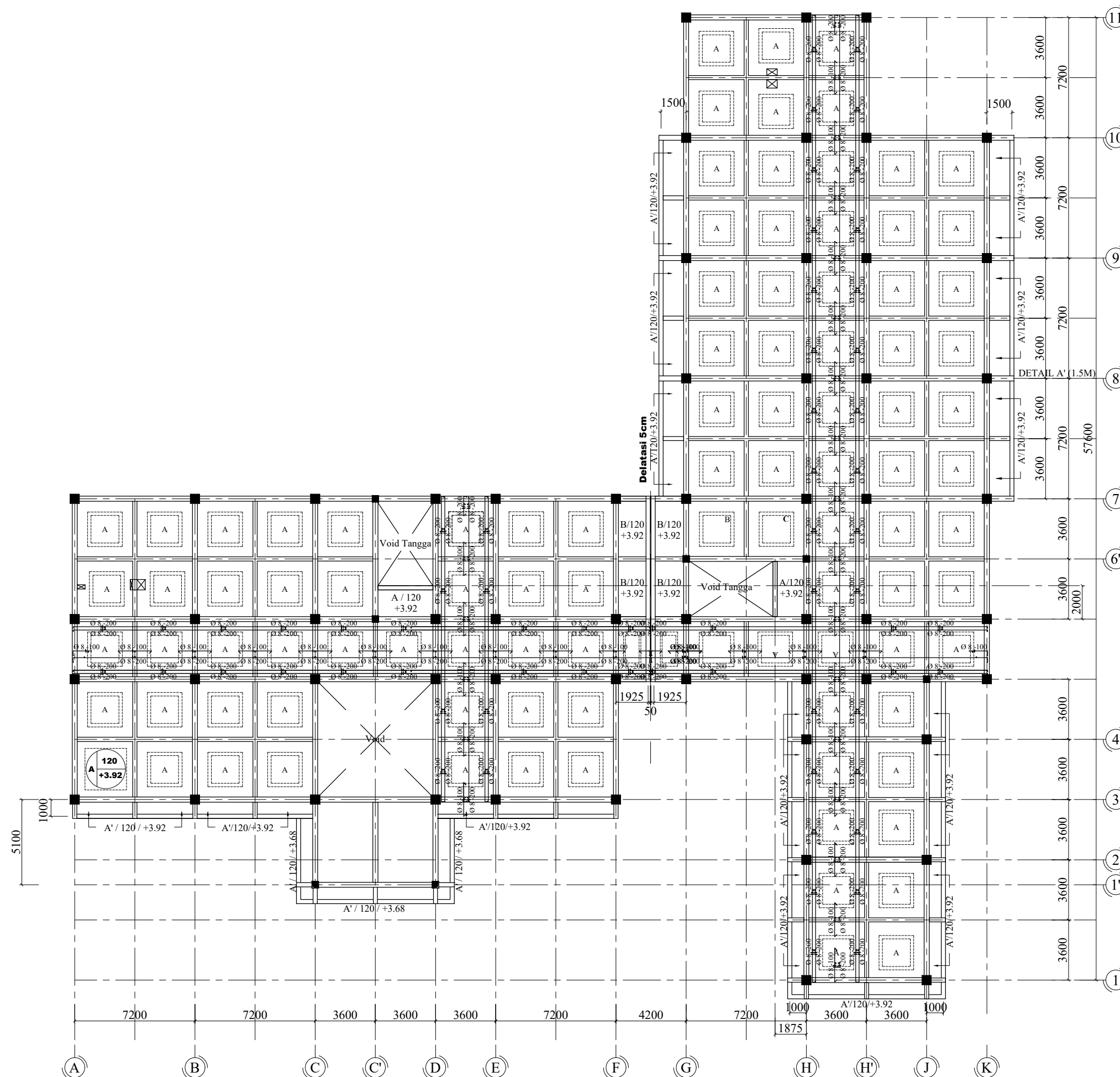
TANGGAL

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

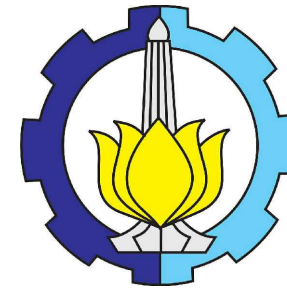
STR

11



**DENAH PLAT LT.2**  
Skala 1:250





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLARHAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH PLAT LT. 3

1 : 250

REVISI

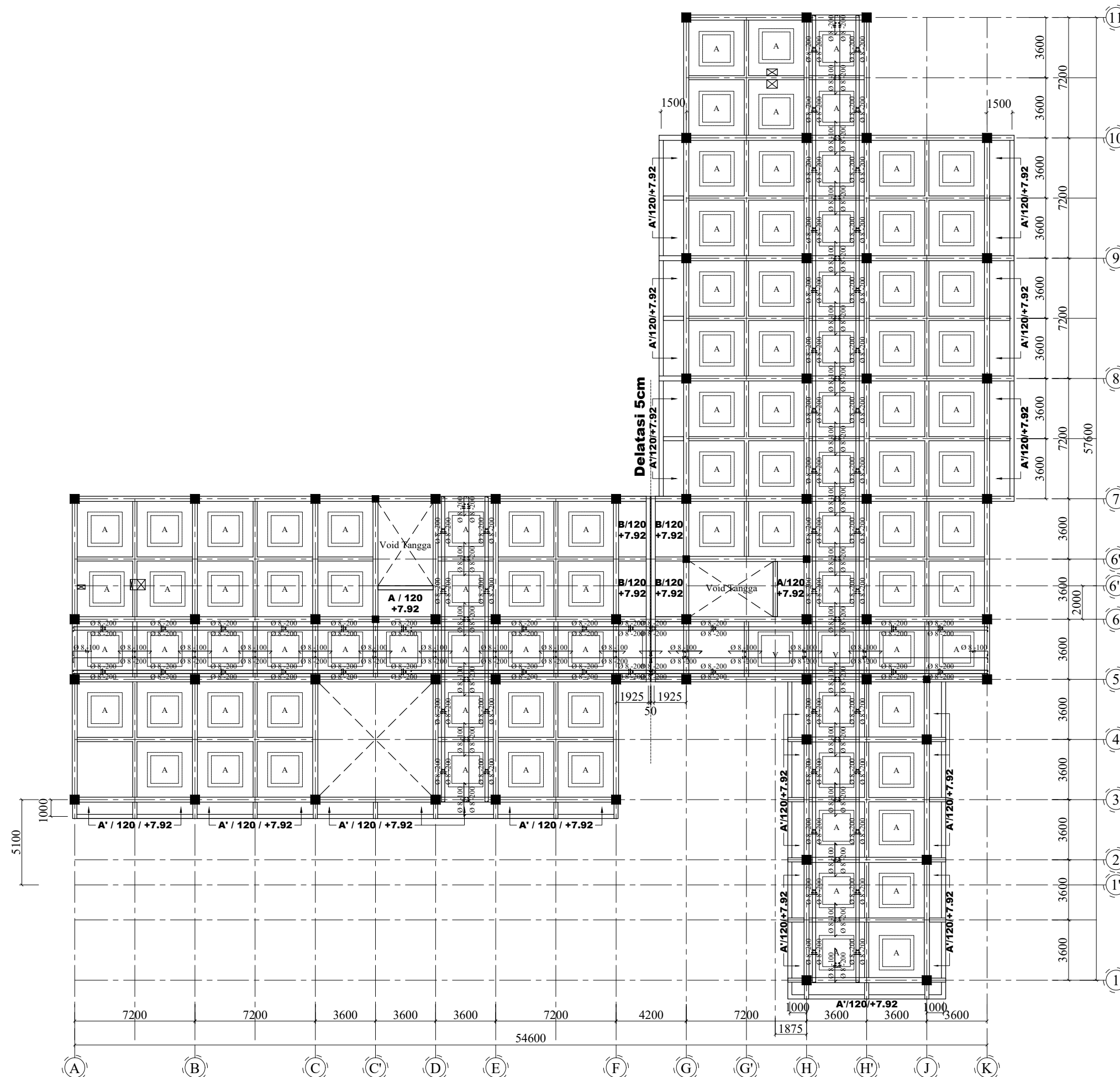
TANGGAL

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

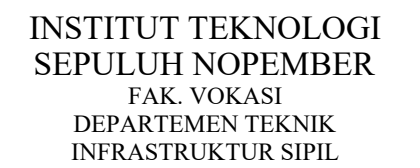
STR

12



**DENAH PLAT LT.3**  
Skala 1:250



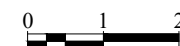


PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAHA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

<i>JUDUL GAMBAR</i>		<i>SKALA</i>
DENAH PLAT LT. 4		1 : 250
<i>REVISI</i>	<i>TANGGAL</i>	
<i>KODE GAMBAR</i>	<i>NO. GAMBAR</i>	
STR	13	





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

**TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLARAHAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

**DOSEN PEMBIMBING**

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

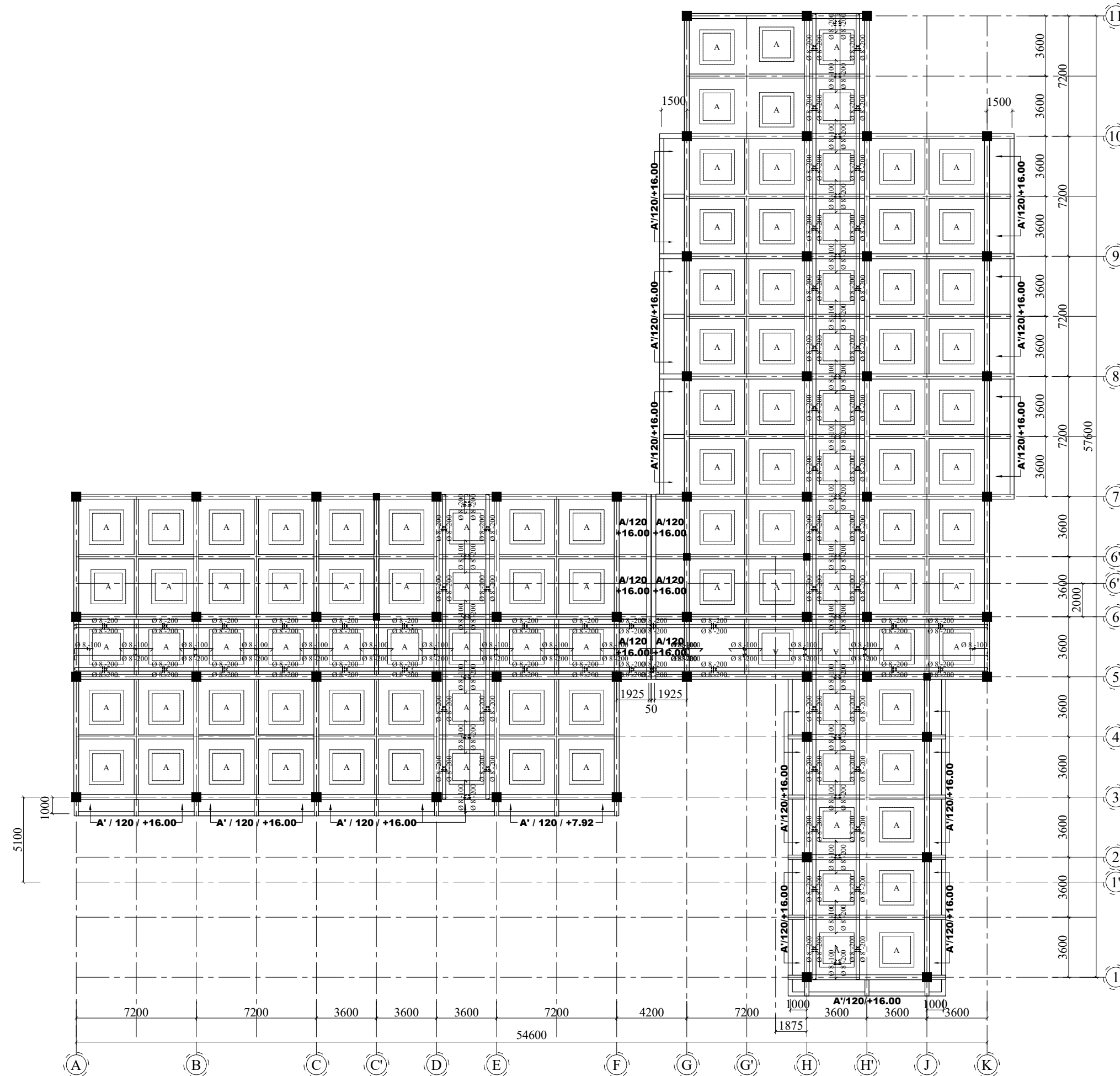
**MAHASISWA**

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

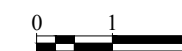
JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH PLAT ATAP	1 : 250

REVISI	TANGGAL

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	15



**DENAH PLAT ATAP**  
Skala 1:250







INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAKHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

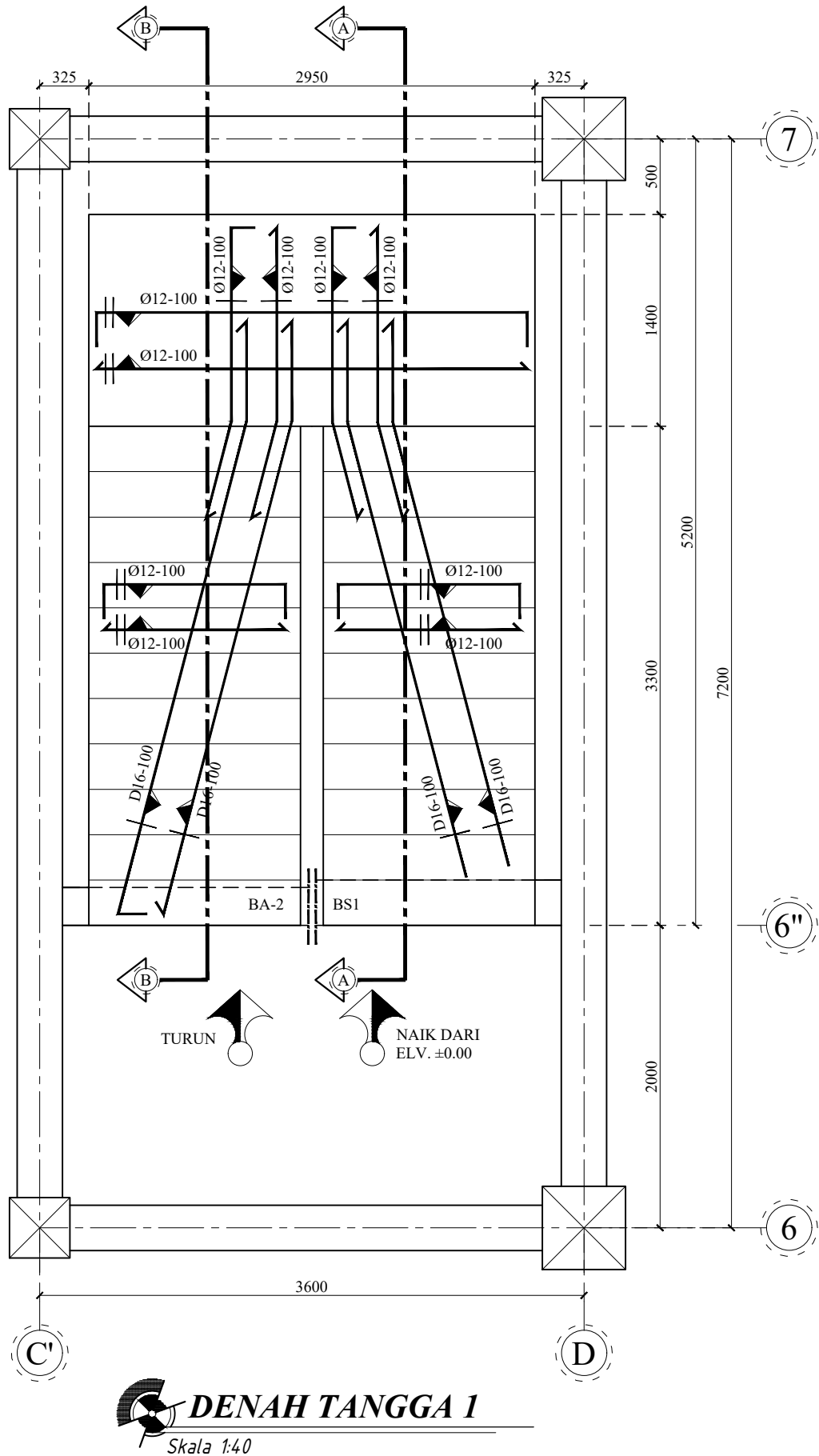
NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH TANGGA 1	1 : 40

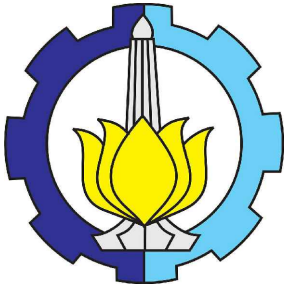
REVISI	TANGGAL
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	15



**DENAH TANGGA 1**  
Skala 1:40

NOTE : 1. GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR 05-09  
2. GAMBAR POTONGAN DAPAT DILIHAH PADA GAMBAR STR 16





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAH RAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

POTONGAN TANGGA 1

1 : 25

REVISI

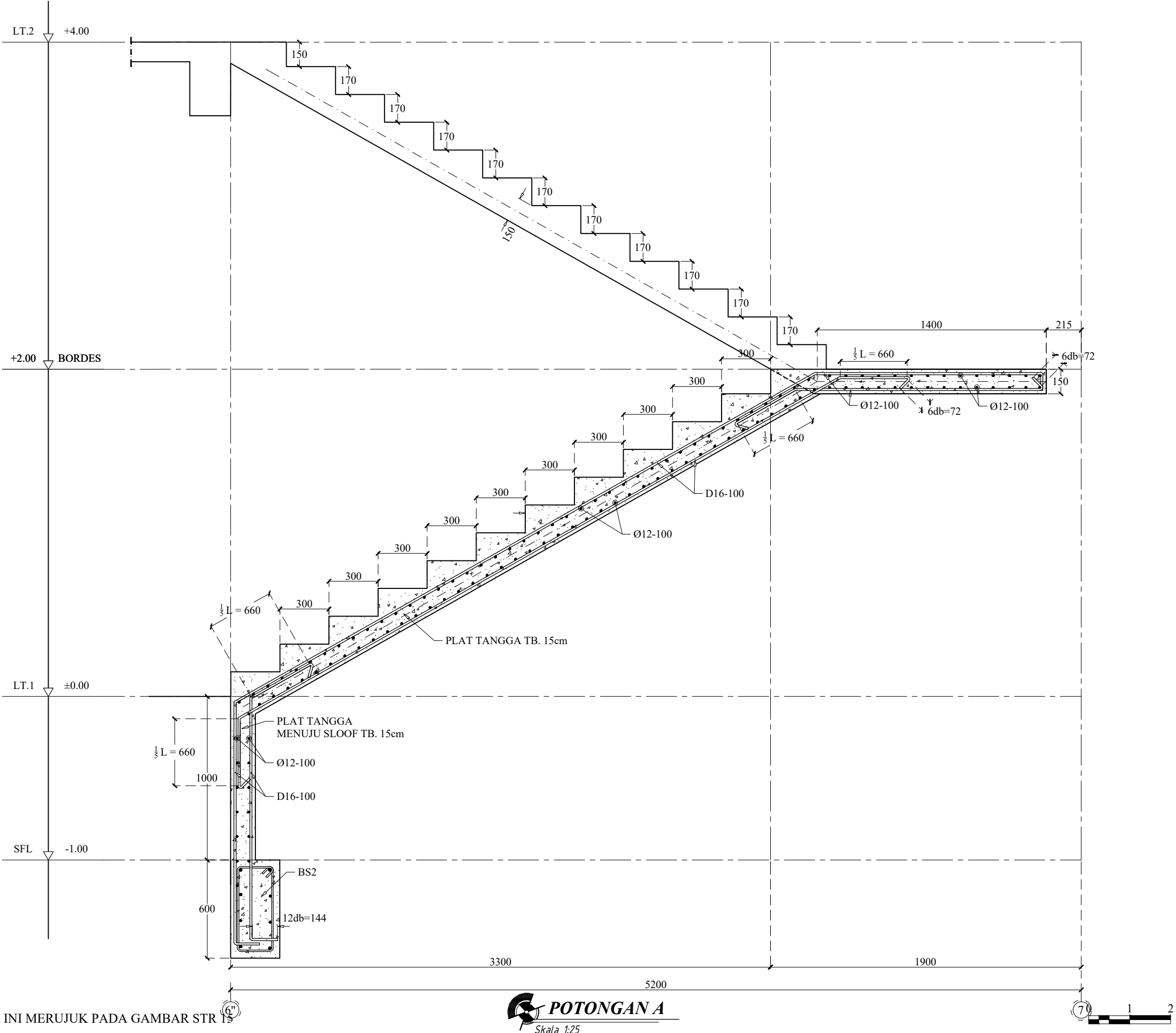
TANGGAL

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

STR

16



NOTE : 1. GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR 15

**POTONGAN A**  
Skala 1:25





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

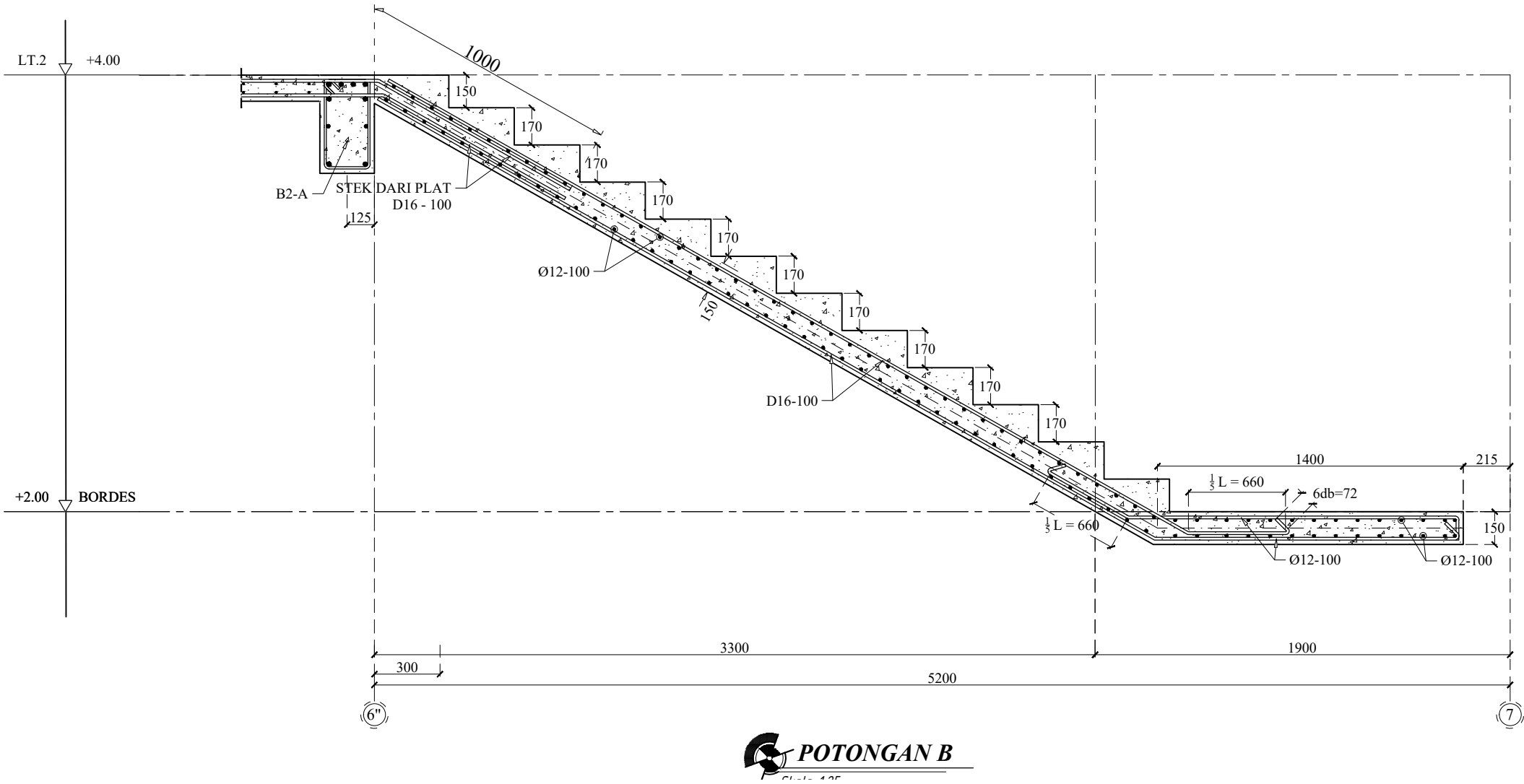
NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN TANGGA 1	1 : 25

REVISI	TANGGAL
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	16'



NOTE : 1. GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR 15





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH TANGGA 2

1 : 50

REVISI

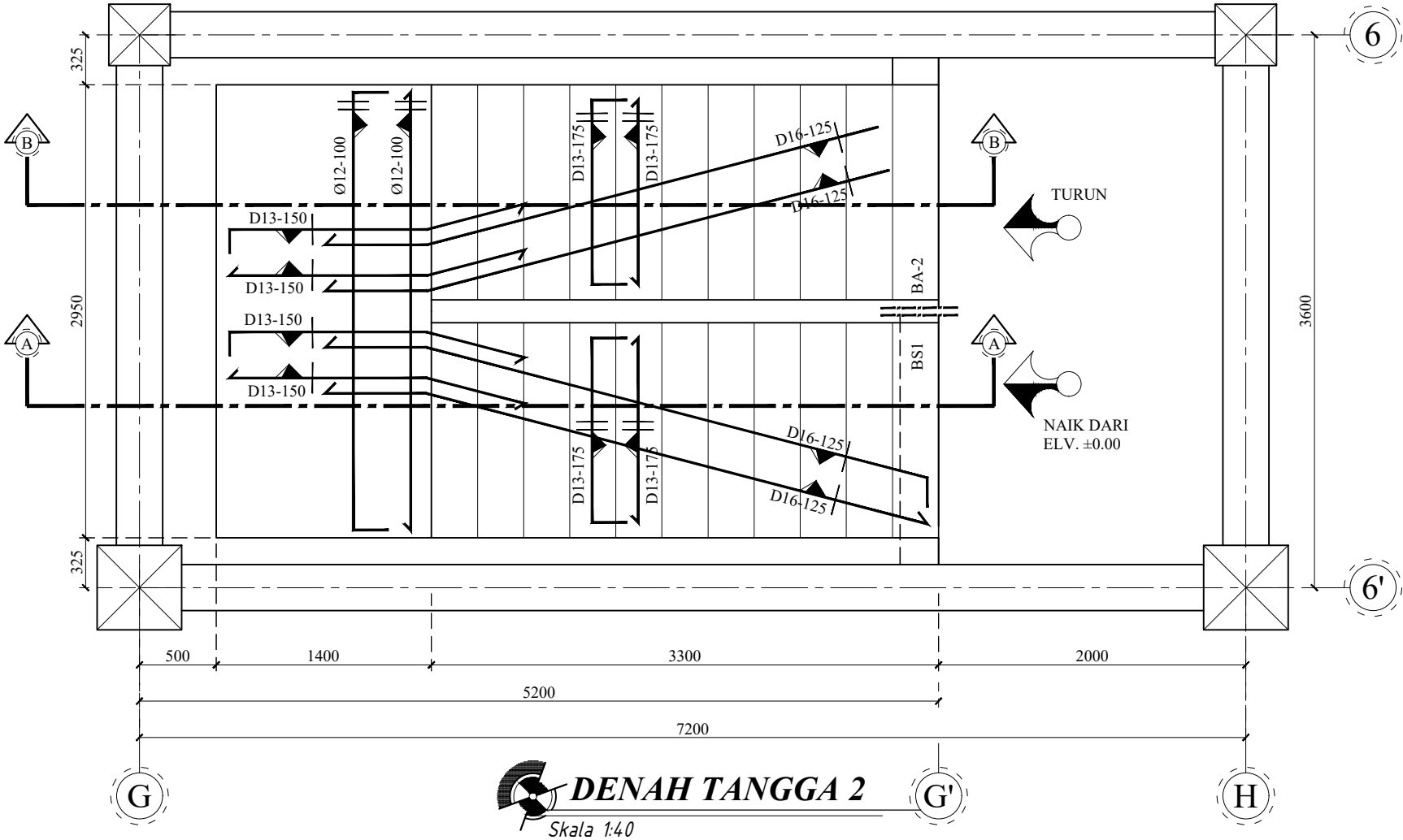
TANGGAL

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

STR

17





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

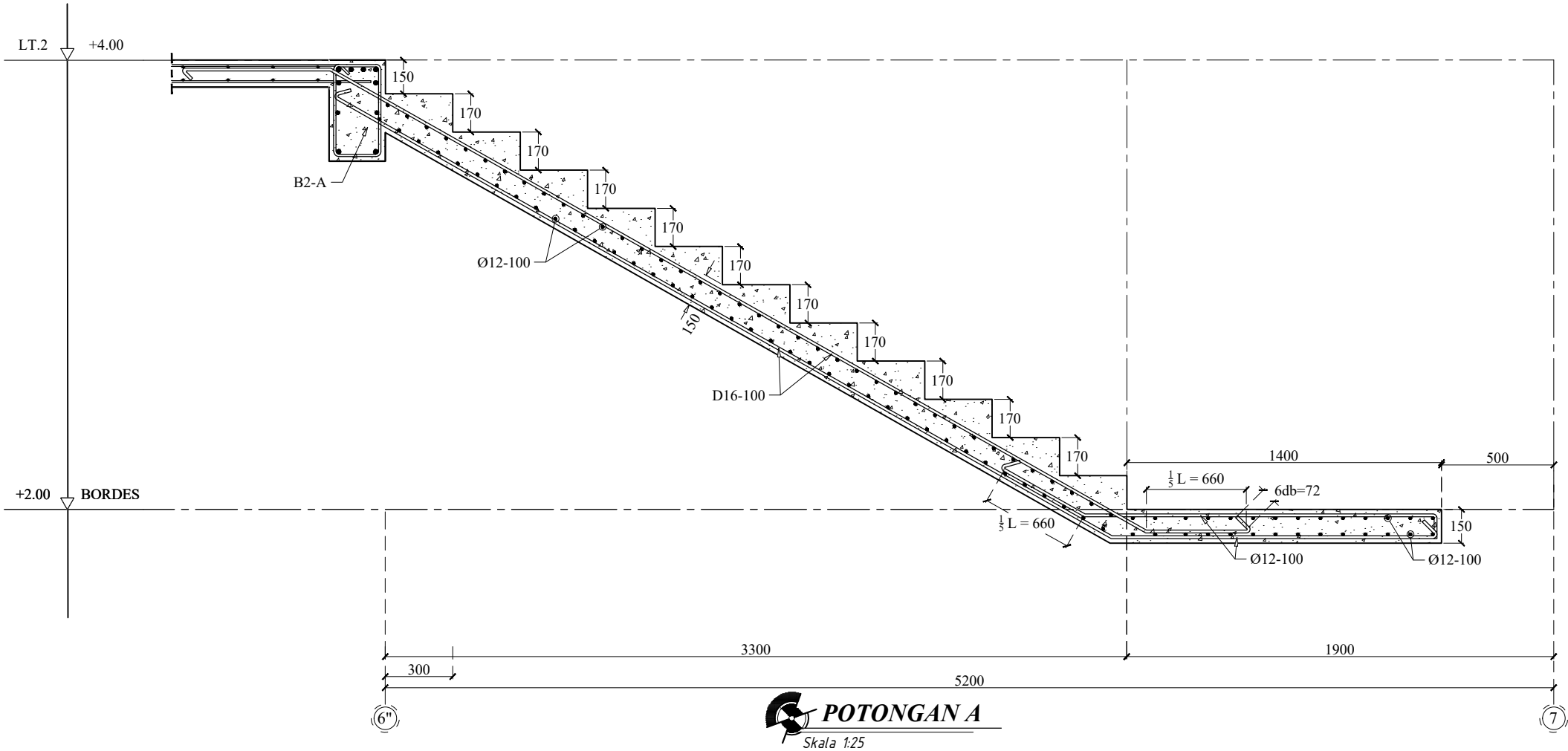
NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

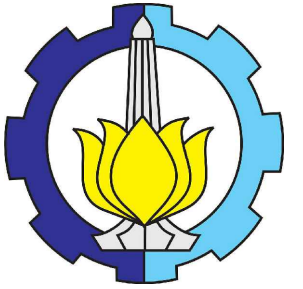
JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN TANGGA 1	1 : 25

REVISI	TANGGAL
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	16'



NOTE : 1. GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR 15





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAKRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

POTONGAN TANGGA 2

1 : 25

REVISI

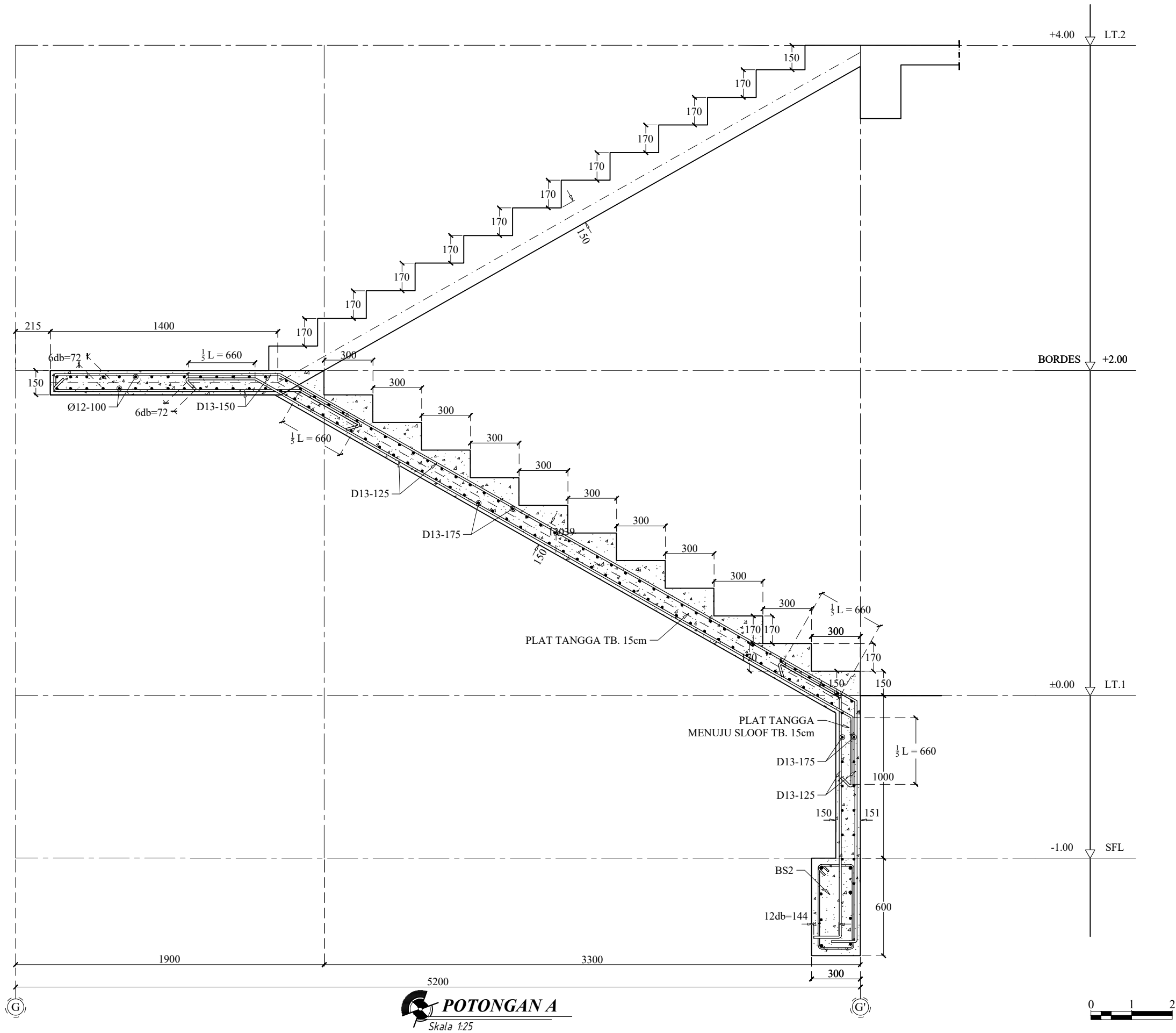
TANGGAL

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

STR

18





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

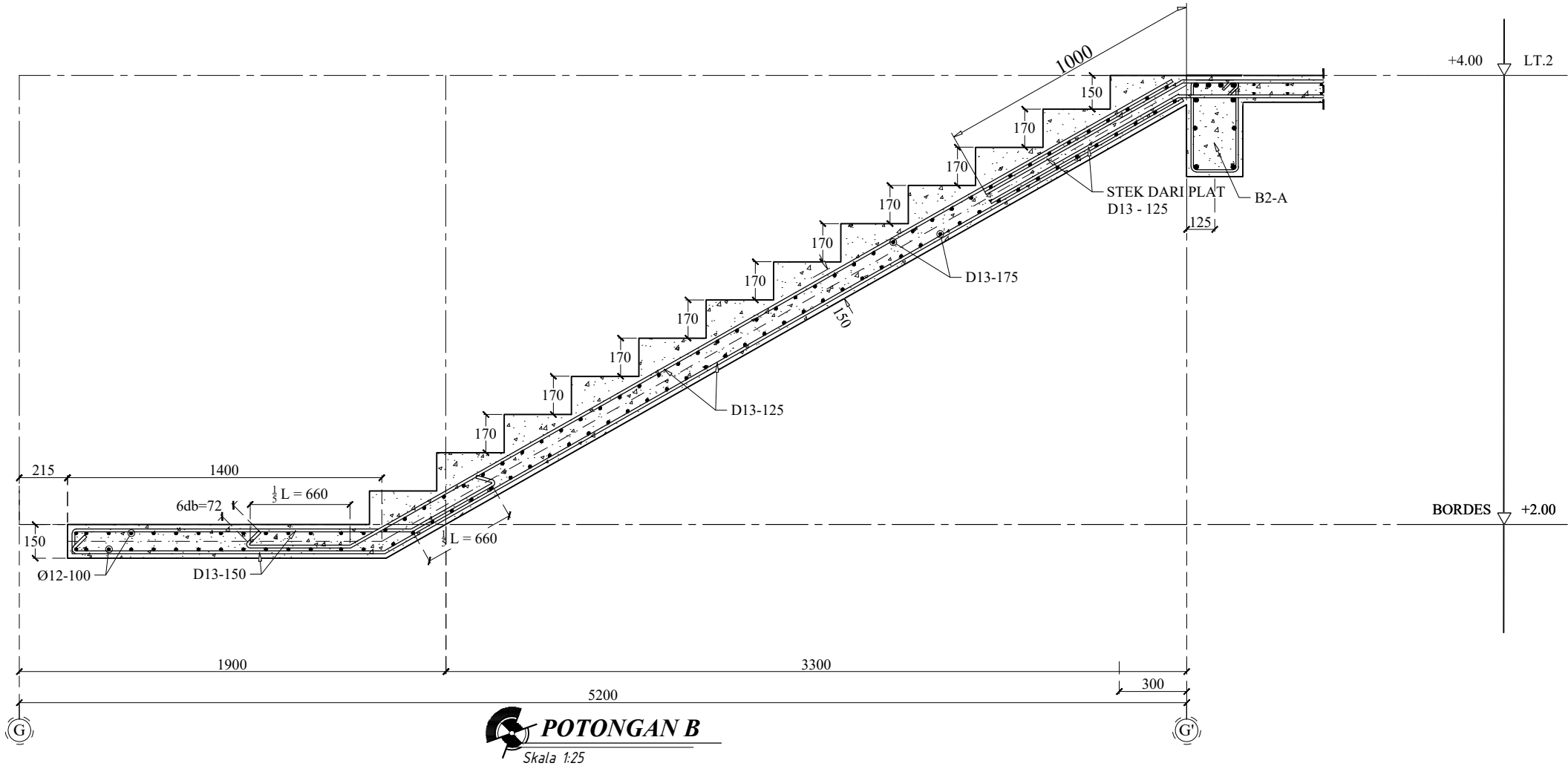
NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

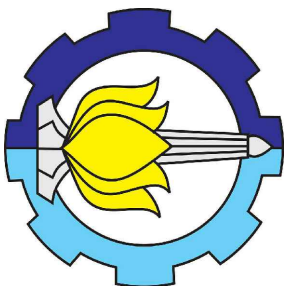
MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN TANGGA 2	1 : 25

REVISI	TANGGAL
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	18'





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAH RAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

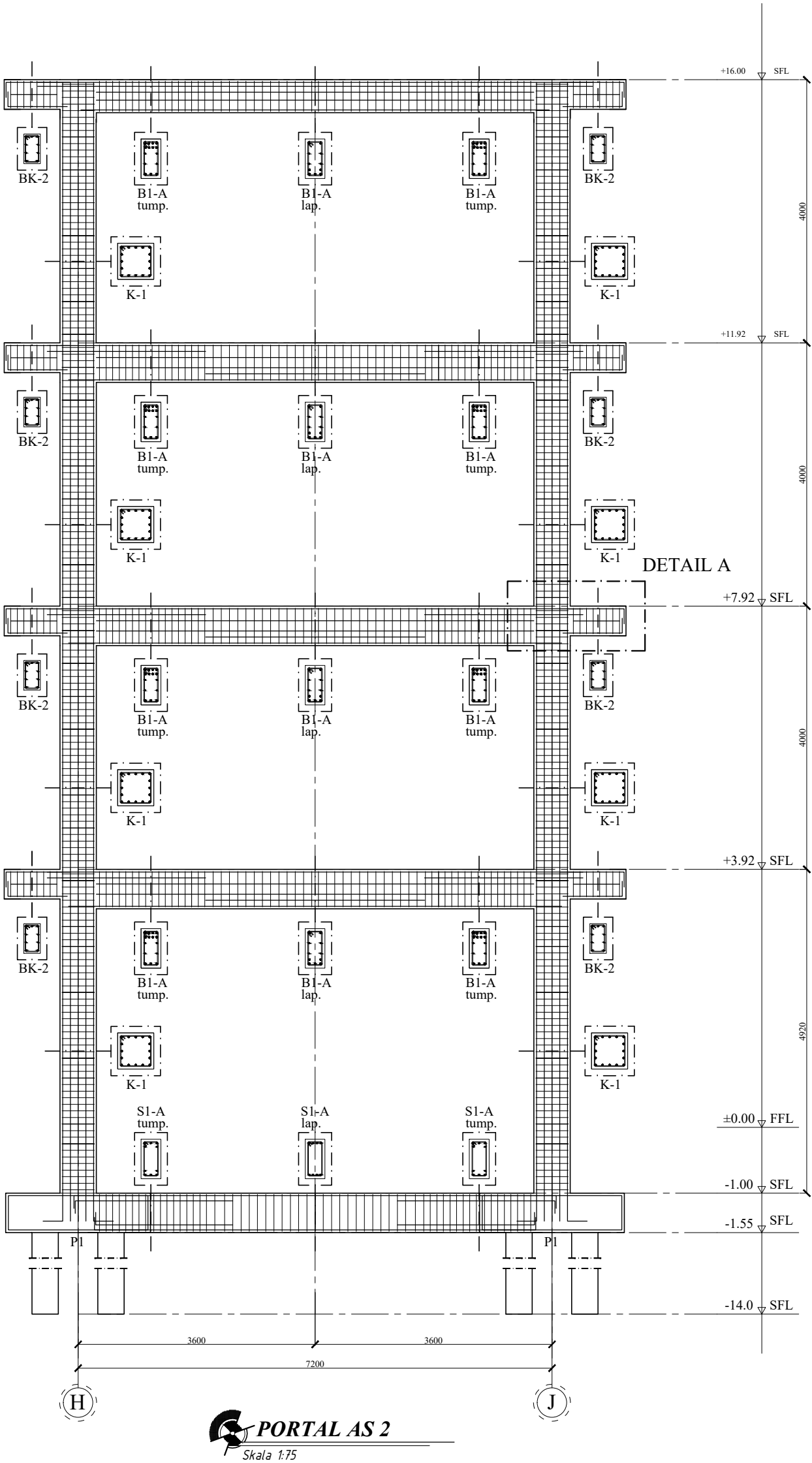
DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR SKALA  
POTONGAN PORTAL AS 2 1 : 75

REVISI TANGGAL

KODE GAMBAR NO. GAMBAR

STR 19



NOTE : GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR 05-09





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

### TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAAHRAHA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

### DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

### MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

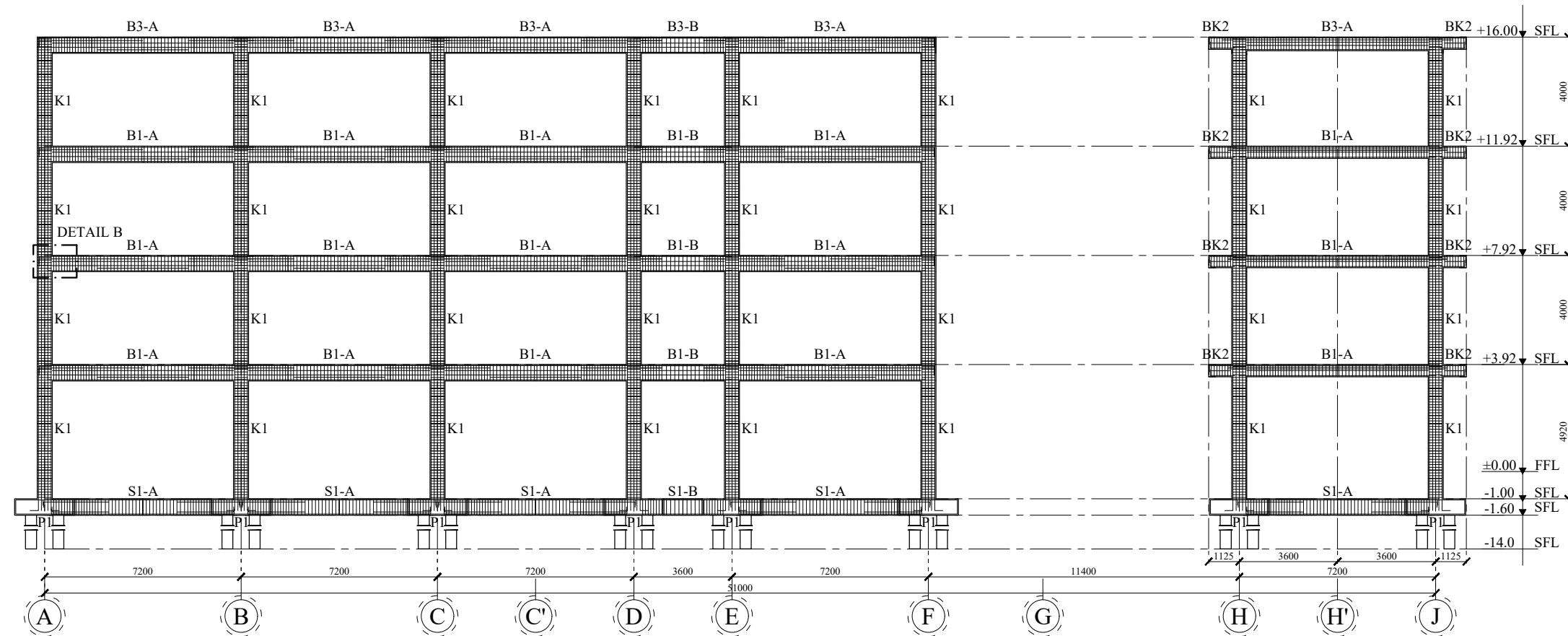
JUDUL GAMBAR	SKALA
--------------	-------

POTONGAN PORTAL AS 3	1 : 200
POTONGAN PORTAL AS 5	1 : 200

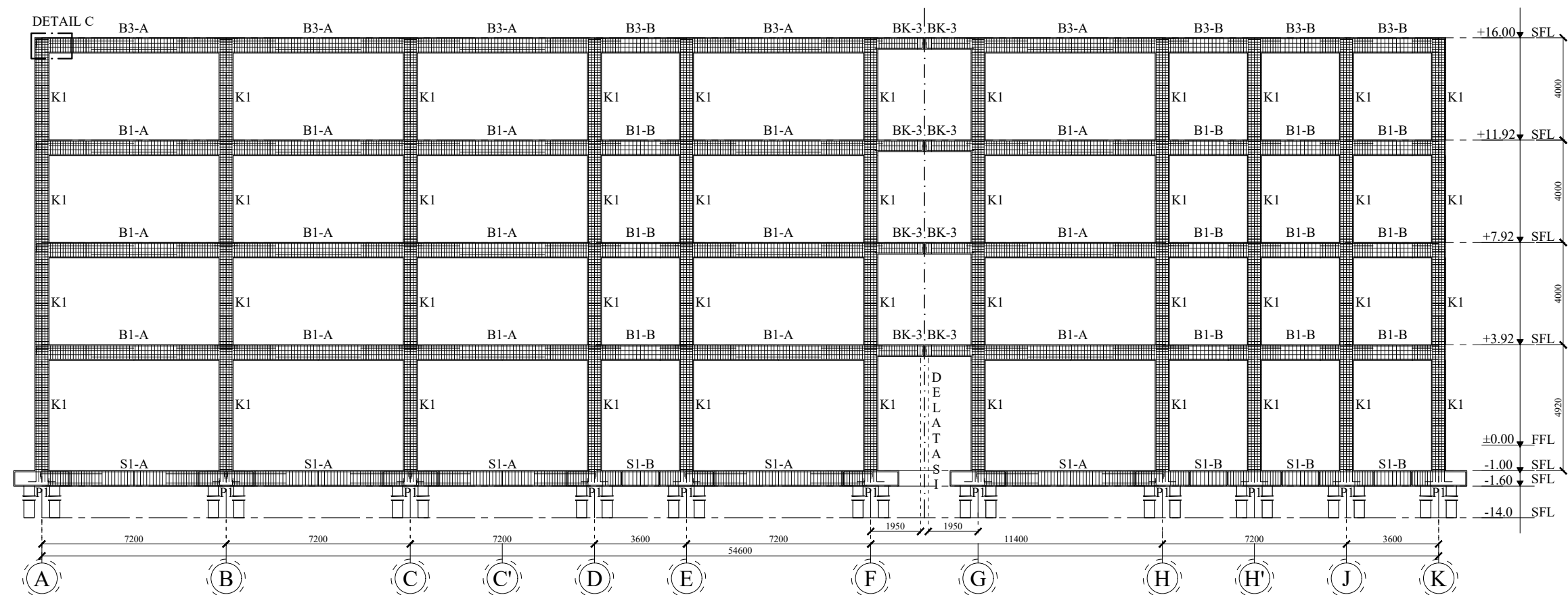
REVISI	TANGGAL
--------	---------

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
-------------	------------

STR	20
-----	----



**PORTAL AS 3**  
Skala 1:200



**PORTAL AS 5**  
Skala 1:200





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

POTONGAN PORTAL  
AS H

1 : 200

REVISI

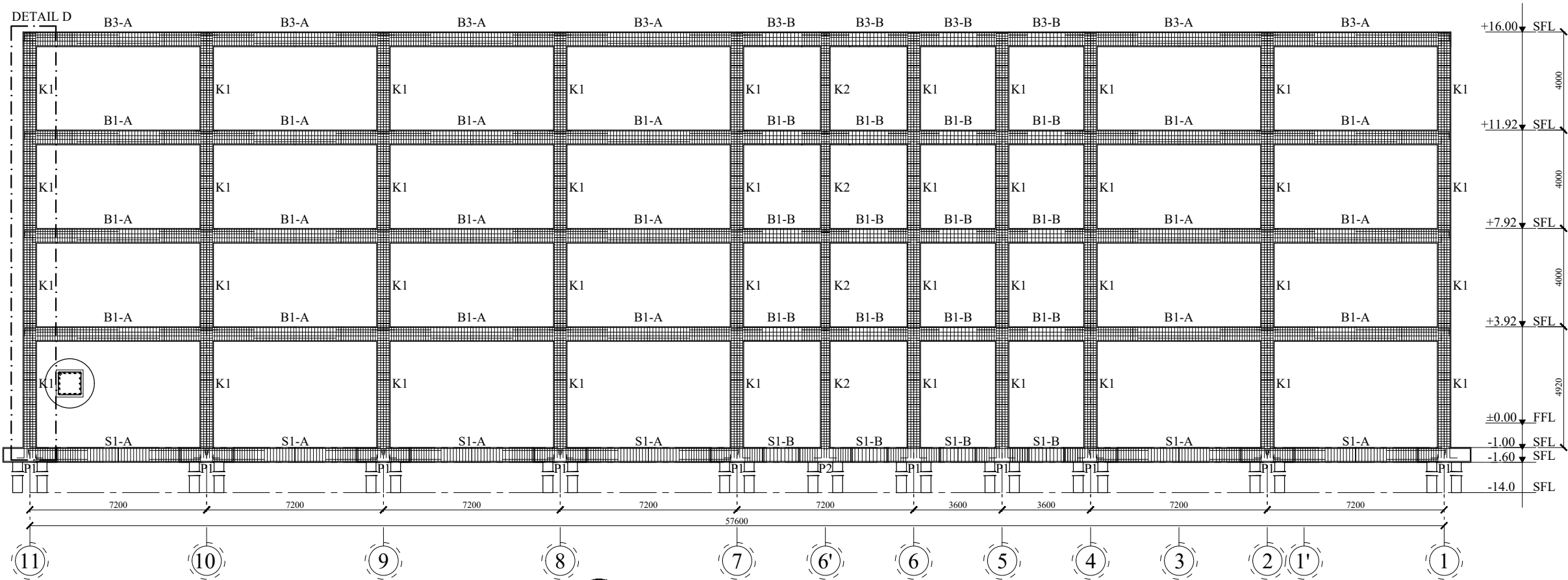
TANGGAL

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

STR

21



**PORTAL AS H**  
Skala 1:200





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

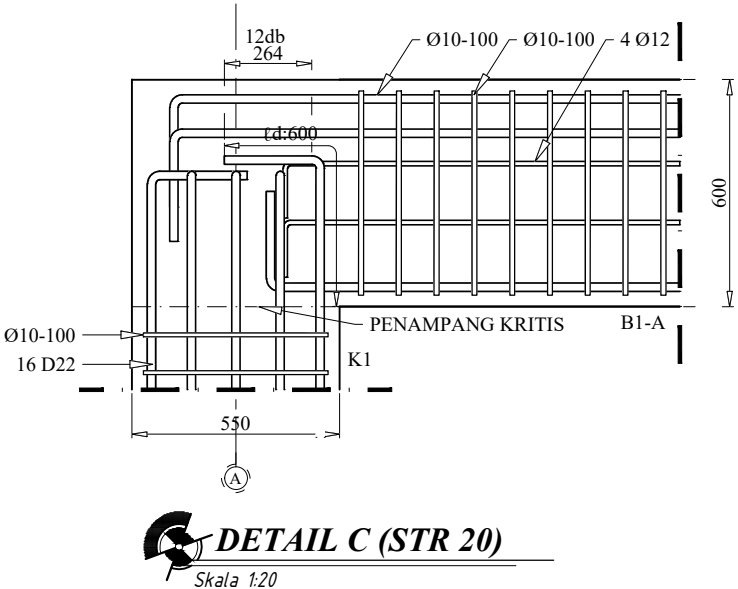
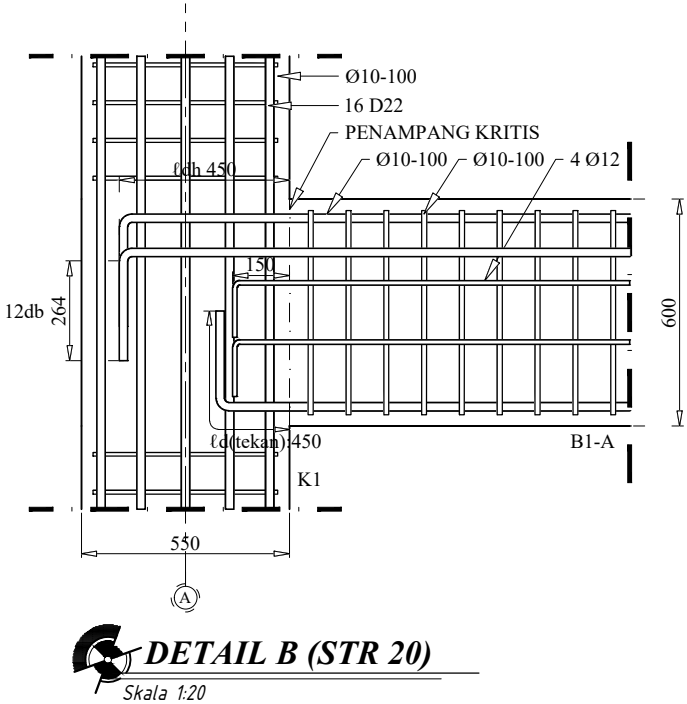
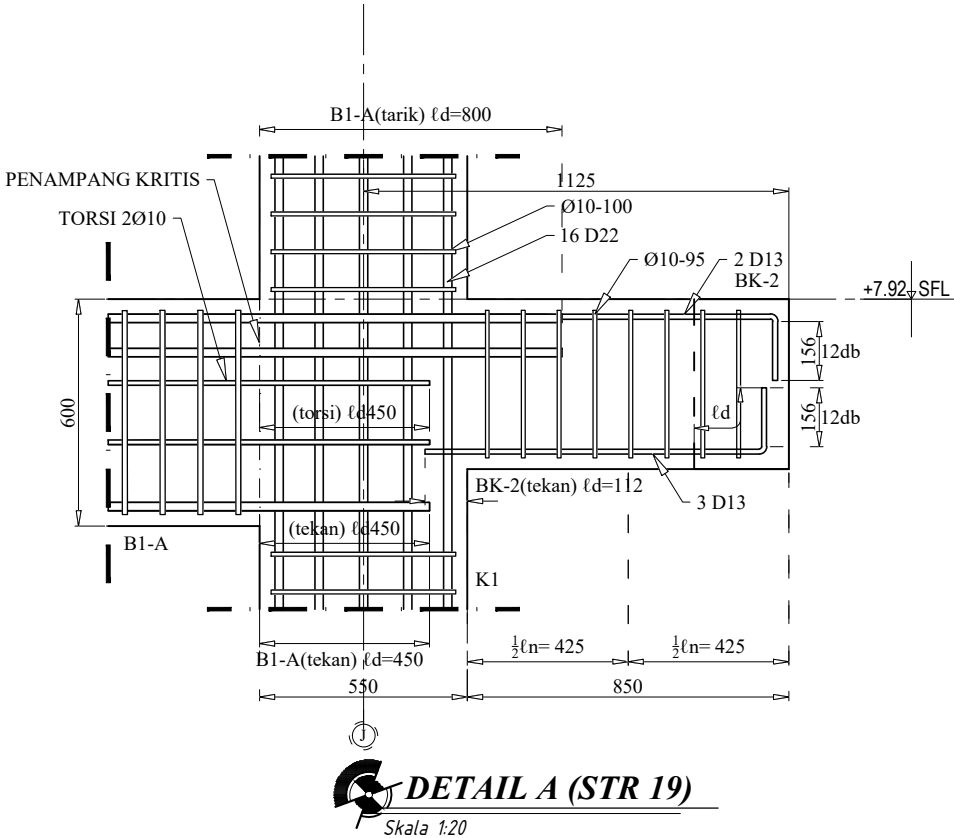
NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

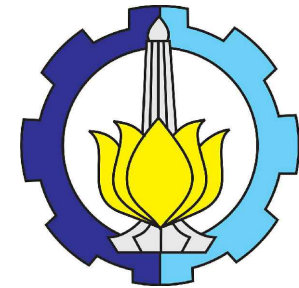
JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL A (KANTILEVER)	1 : 20
DETAIL B (BALOK KOLOM)	1 : 20
DETAIL C (KOLOM ATAS TEPI)	1 : 20

REVISI	TANGGAL
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	22



NOTE : GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR 19-21





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

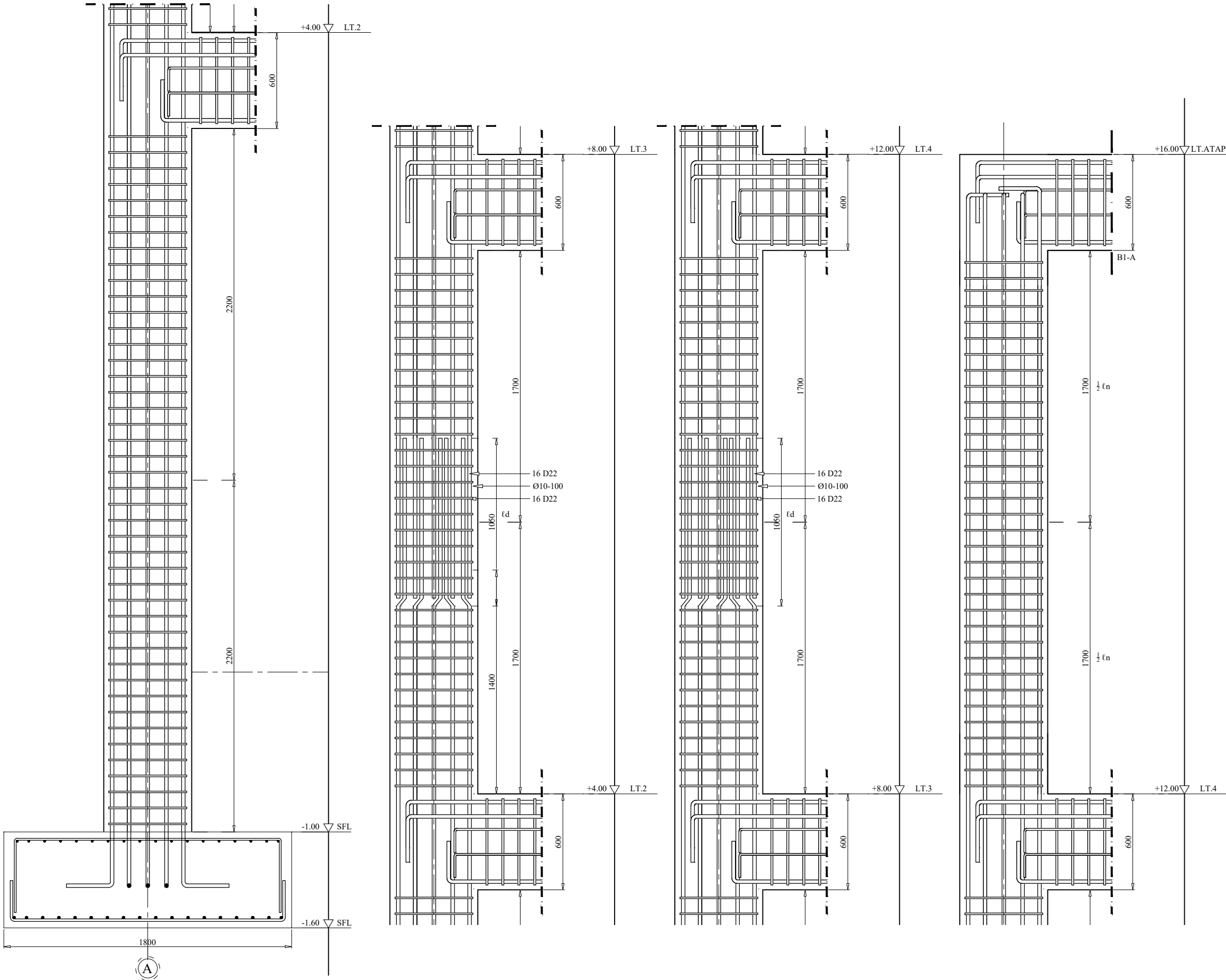
MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL D (SAMBUNGAN KOLOM)	1 : 20

REVISI	TANGGAL

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	23



**DETAIL D (SAMBUNGAN KOLOM)**  
Skala 1:20

NOTE : GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR 22



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

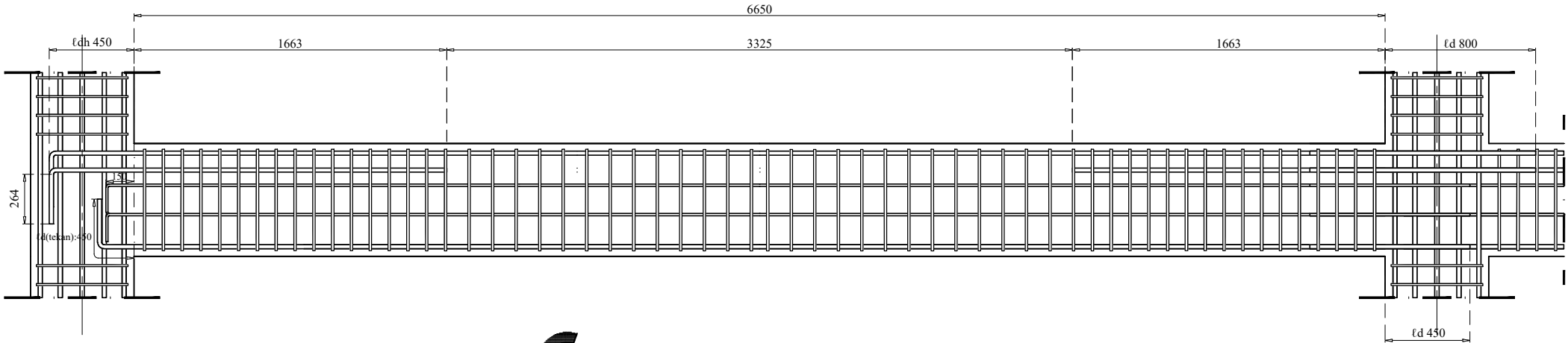
MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

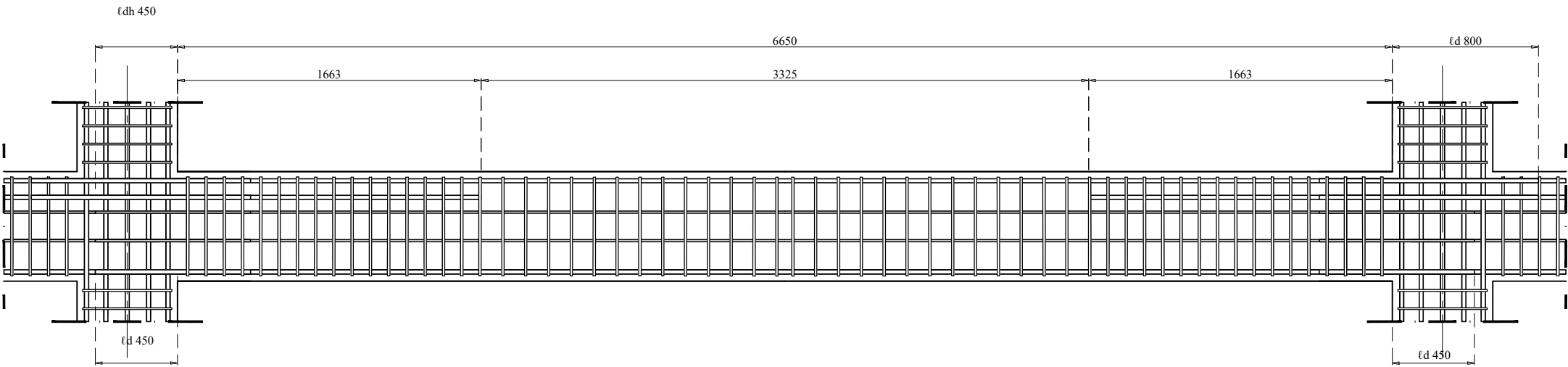
JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL BALOK B1-A	1 : 30

REVISI	TANGGAL

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	24



**DETAIL BALOK B1-A TEPI**  
Skala 1:30



**DETAIL BALOK B1-A TENGAH**  
Skala 1:30





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

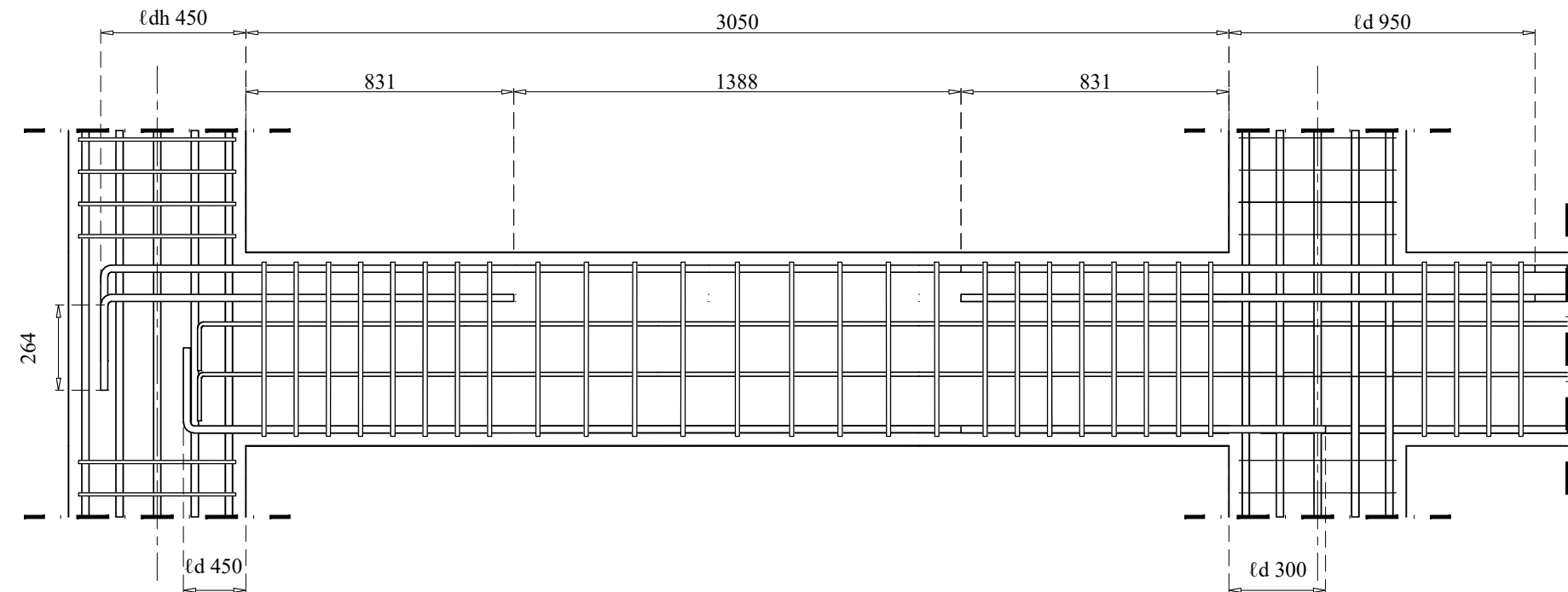
DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

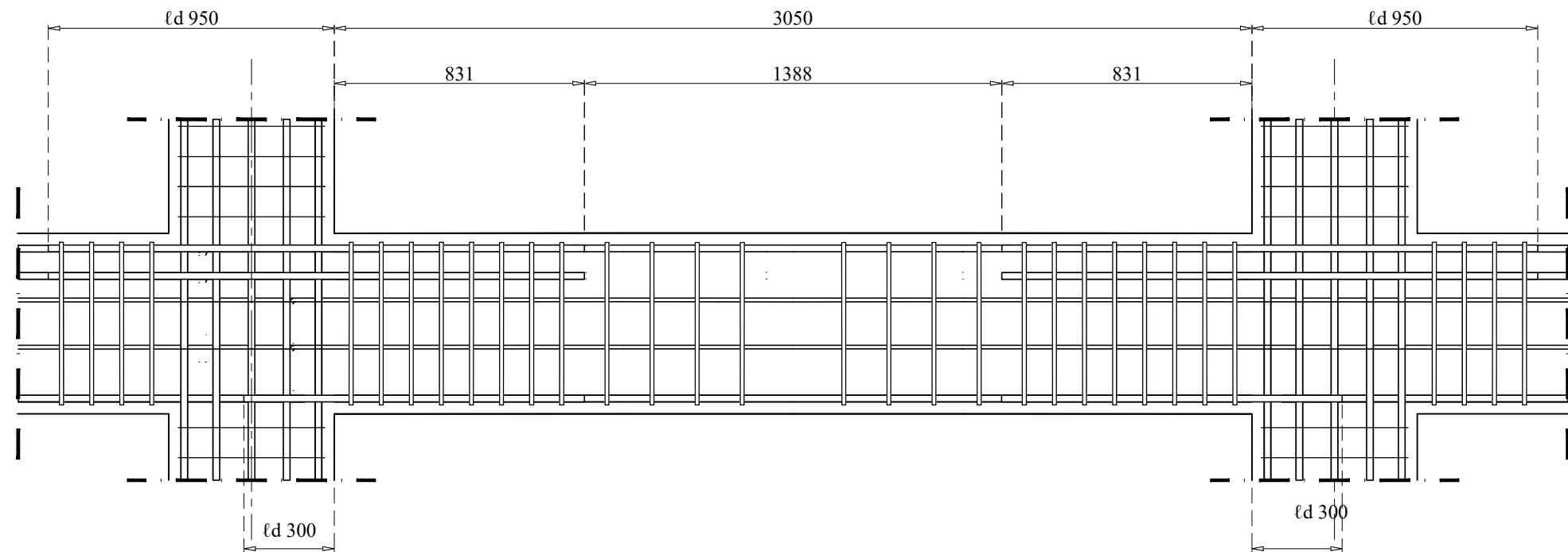
MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL BALOK B1-B	1 : 20
REVISI	TANGGAL
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	25



**DETAIL BALOK B1-B TEPI**  
Skala 1:20



**DETAIL BALOK B1-B TENGAH**  
Skala 1:20





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAIL BALOK B1-C

1 : 25

REVISI

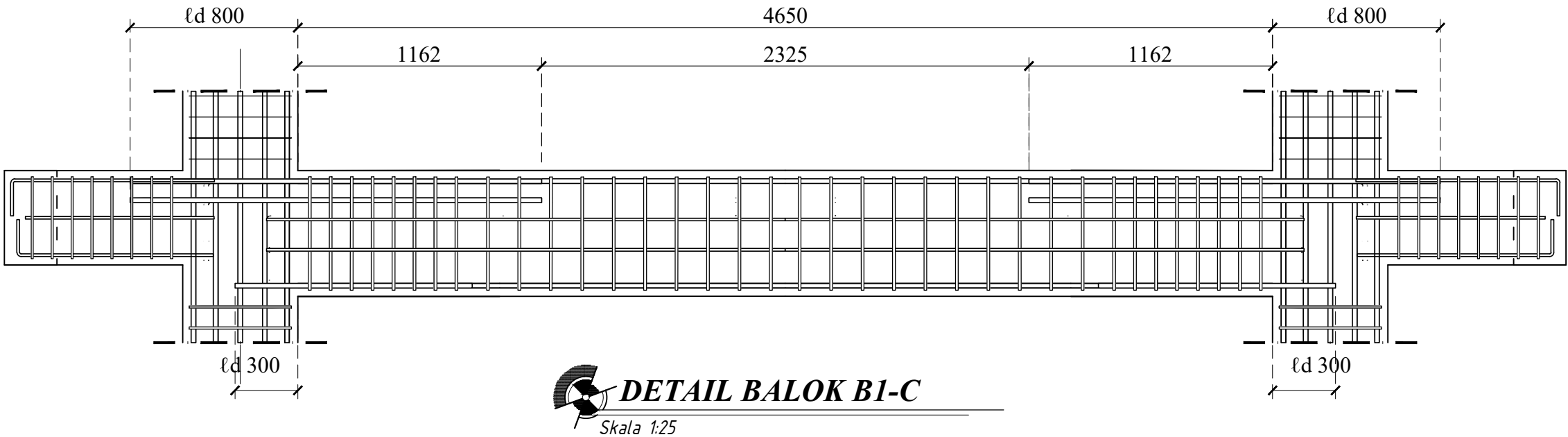
TANGGAL

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

STR

26







INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAHA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

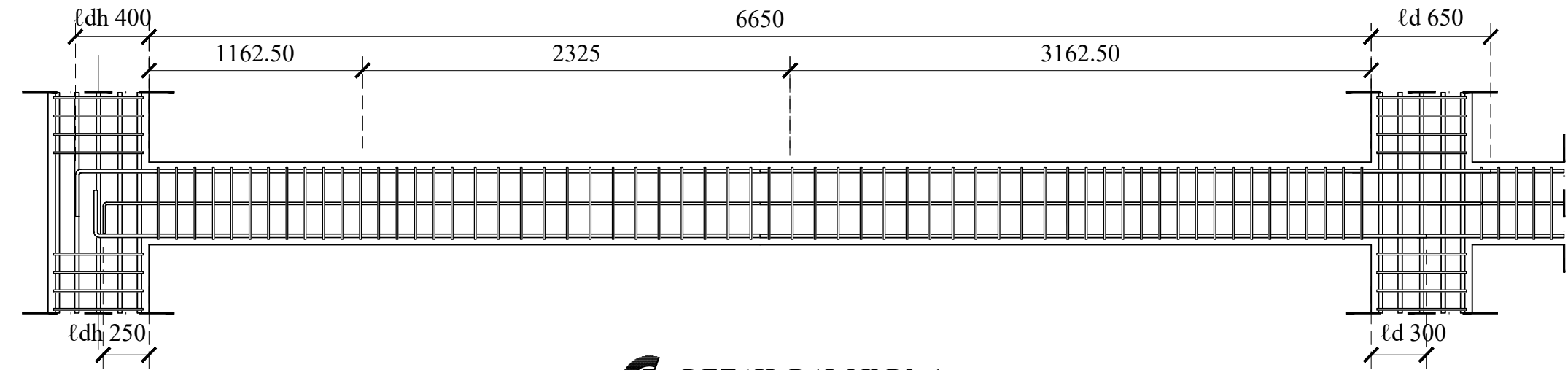
NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

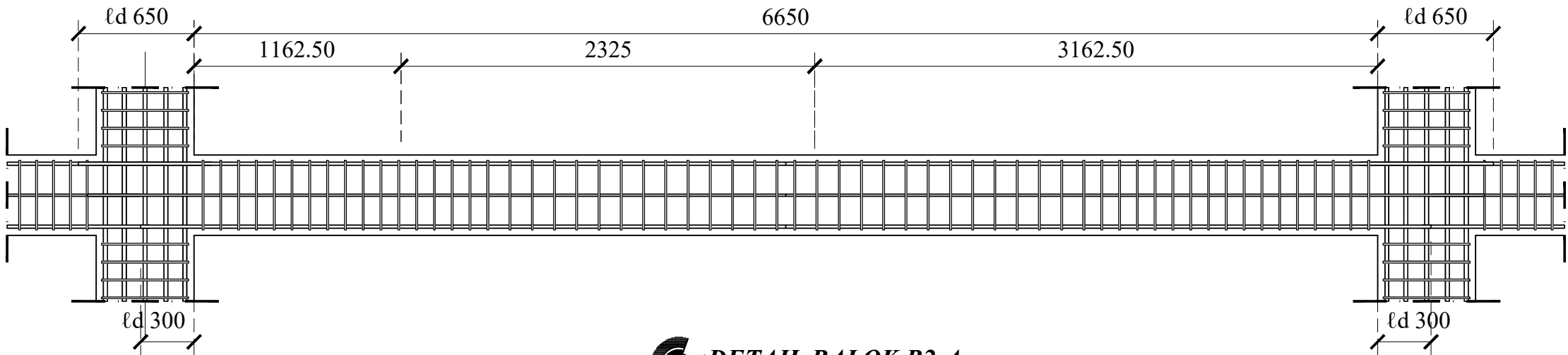
DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL BALOK B2-A	1 : 30

REVISI	TANGGAL
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	27



**DETAIL BALOK B2-A**  
Skala 1:30



**DETAIL BALOK B2-A**  
Skala 1:30







INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

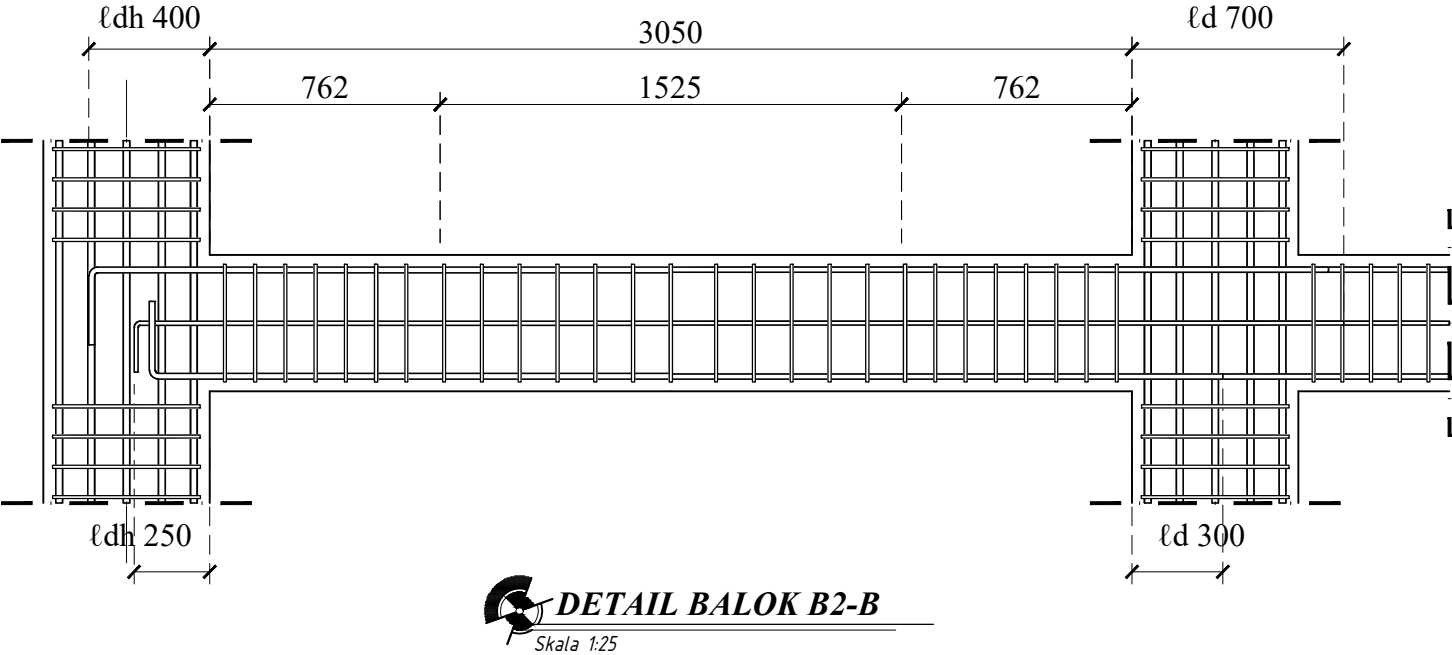
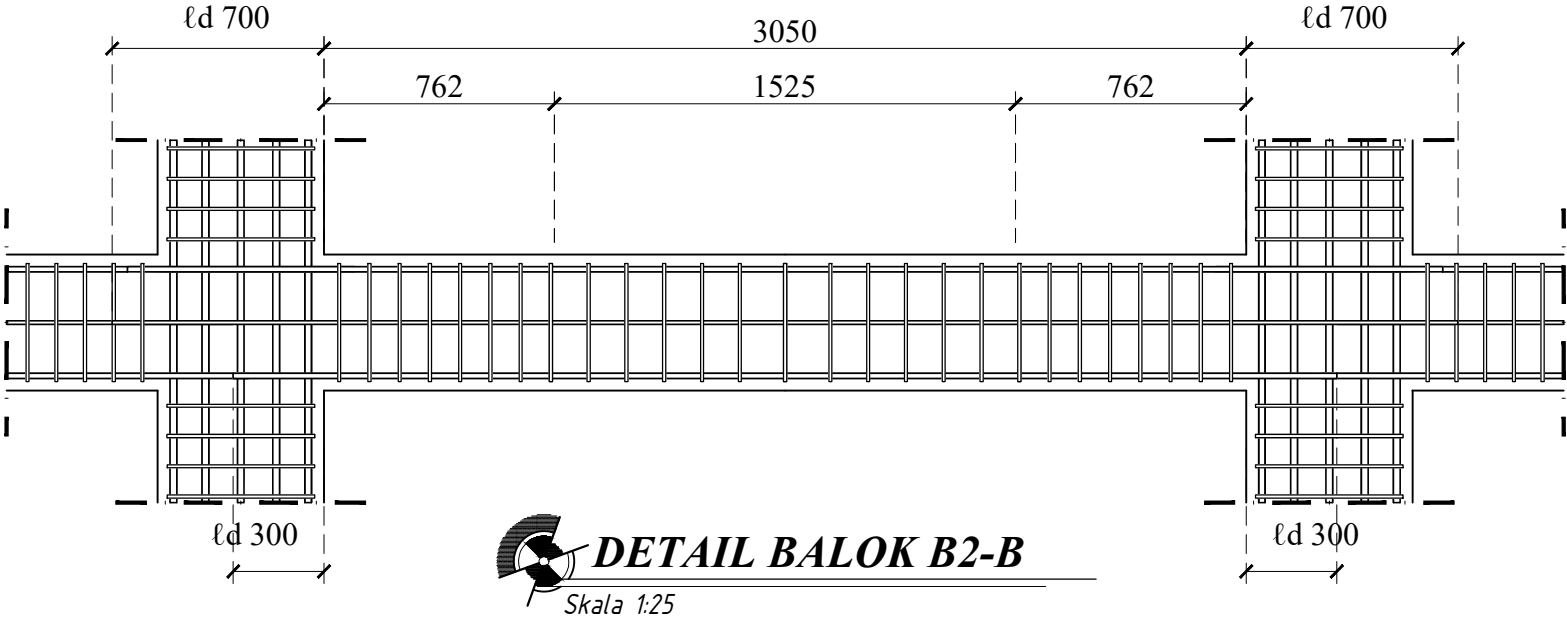
MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL BALOK B2-B	1 : 25

REVISI	TANGGAL

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	28





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAIL BALOK B3-A

1 : 30

REVISI

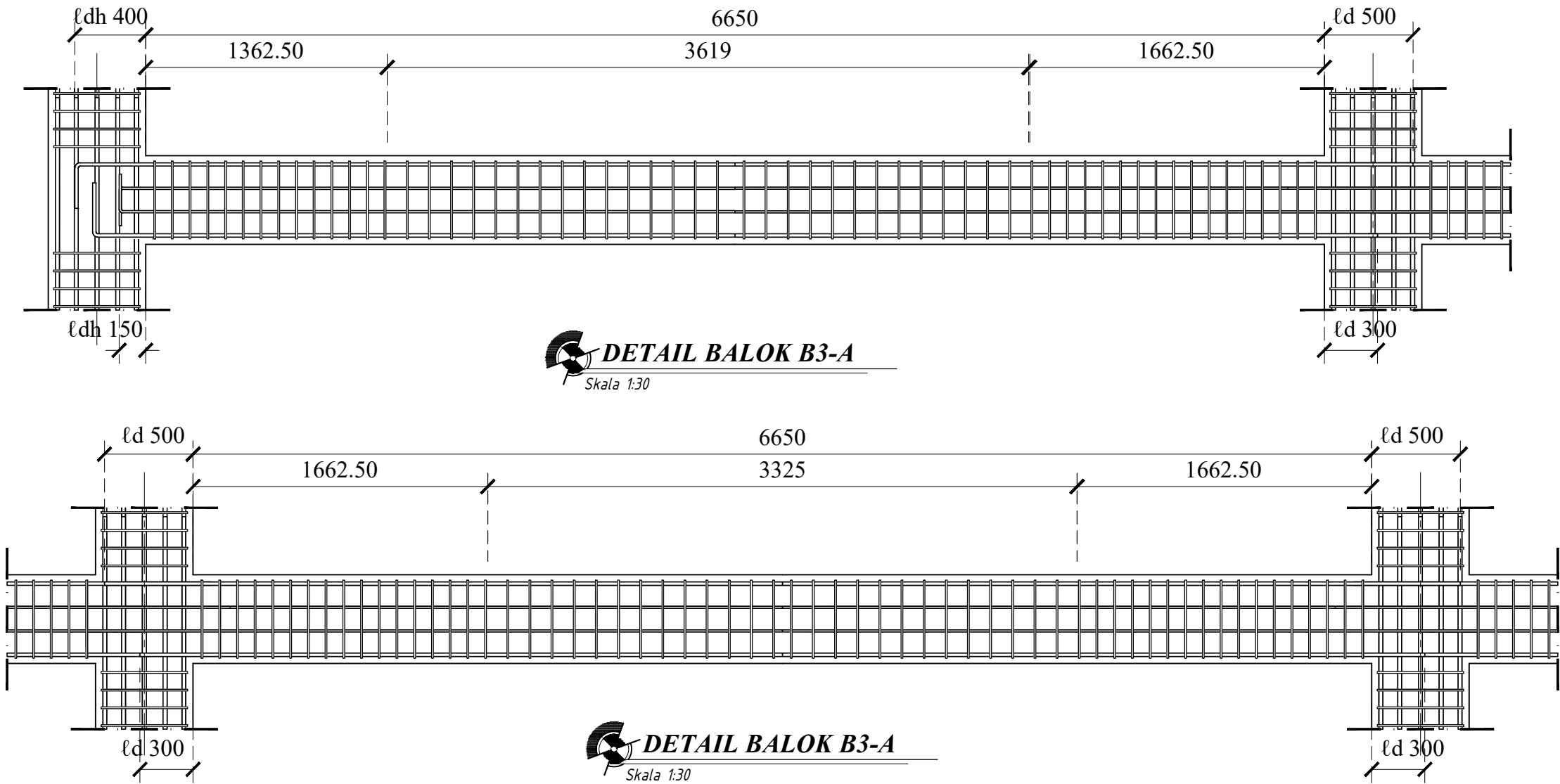
TANGGAL

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

STR

29





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAK. VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK  
INFRASTRUKTUR SIPIL

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN BALOK KOLOM GEDUNG  
PERKULIAHAN FAKULTAS OLAHRAGA DAN  
KESEHATAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
(FOK UNDIKSHA) DENGAN METODE SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

NUR AHMAD HUSIN, S.T.,M.T.

MAHASISWA

DIAH PUTRI R. (111500000055)  
FARCHAN ZULKIFLY (111500000096)

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL BALOK B3-B	1 : 25

REVISI	TANGGAL

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	30

